

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол №3 от «12» января 2022 г.

Согласовано:  
Председатель УМК физико-технического ин-  
ститута

Зав. кафедрой



/ Т.И. Шарипов

Балапанов М.Х./



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина Наносистемы, наноматериалы, наноэлектроника  
(наименование дисциплины)

Профессиональный цикл, вариативная часть

(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))

**программа магистратуры**

Направление подготовки (специальность)

03.04.03 Радиофизика

(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))

Направленность (профиль) подготовки

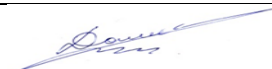

«Электроника и компьютерные технологии»

(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)

Квалификация

Магистр

(указывается квалификация)

<p>Разработчик (составитель) <u>д.хим.н., профессор</u> <u>к.ф.-м.н., доцент</u> (должность, ученая степень, ученое звание)</p>	<p> / <u>Доломатов М.Ю.</u>  / <u>Шарипов Т.И.</u> (подпись, Фамилия И.О.)</p>
---	--

Для приема: 2022 г.  
Уфа- 2022 г.

Составитель / составители: д.хим.н., проф. Доломатов М.Ю.; Шарипов Т.И., к.ф.-м.н., зав. кафедрой физической электроники и нанопластики БашГУ

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры протокол от «12» января 2022 г. № 3.

Заведующий кафедрой



\_\_\_\_\_ / Т.И. Шарипов /

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	5
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	9
4.3. <i>Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	10
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	16
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	17
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	18

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**  
(с ориентацией на карты компетенций)

При изучении дисциплины «Наносистемы, наноматериалы, наноэлектроника» у обучающегося должны формироваться следующие компетенции:

**ПК-4** – способностью внедрять результаты прикладных научных исследований в перспективные приборы, устройства и системы, основанные на колебательно-волновых принципах функционирования

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция
1-й этап Знания	Знать квантовые основы наноэлектроники и молекулярной электроники Знать основные направления развития и типы нано и молекулярных устройств Знать физико-химические принципы строения нано и молекулярных структур для электроники.	ПК-4
	Знать процессы переноса заряда в наночастицах. Знать основные понятия квантовой механики молекул и твердых тел.	ПК-4
	Знать теоретические основы физических методов расчета наночастиц. Знать основные понятия квантовой механики молекул и твердых тел Знать необходимых для моделирования молекулярных и нано устройств на ЭВМ	ПК-4
2-й этап Умения	Уметь практически использовать законы молекулярной механики для исследования Уметь исследовать структурные и электронные характеристики наноэлектронных структур.	ПК-4
	Уметь проводить расчеты наночастиц	ПК-4
	исследовать структурные и электронные характеристики наноэлектронных структур; выполнять расчеты наночастиц с применением современных компьютерных методов Уметь использовать стандартные программы для расчета структуры наноматериалов на компьютере	ПК-4
3-й этап Владеть навыками	Владеть основой моделирования графена, фуллерена, углеродных нанотрубок	ПК-4
	Владеть методом молекулярной механики для расчетов наночастиц	ПК-4
	Владеть программами расчета структурных и термодинамических характеристик наноматериалов	ПК-4

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Наносистемы, наноматериалы, наноэлектроника» относится к *вариативной* части рабочего учебного плана.

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре. Данный курс предназначен для студентов направления 03.04.03 «Радиофизика»

Курс «Наносистемы, наноматериалы, наноэлектроника» изучает общих вопросы теории различных наноэлектронных устройств, основ квантовой теории молекул и наночастиц, включая расчеты молекул методом молекулярной механики, рассматривает вопросы исследования структуры наночастиц: фуллеренов, графена, углеродных нанотрубок, полимерных и молекулярных полупроводников.

Данный курс -междисциплинарный, в котором пересекается физика твердого тела, физическая электроника, квантовая теория, физика полимеров, физическая и органическая химия. Поэтому переход микроэлектронных технологий на наноуровень и становление молекулярной электроники, как области науки и техники, выдвигает качественно новые требования к специалистам в этой области, которым необходимо обладать знаниями в области в области структуры и свойств наночастиц и технологией создания молекулярных наноустройств. Данная дисциплина является базовой в плане теоретической подготовки будущих высококвалифицированных специалистов.

Чтобы приступить к изучению дисциплины обучаемый должен владеть основными понятиями физики и методами математического анализа, линейной алгебры, комбинаторики, информатики и основ электроники, а также владеть практическими навыками с операционными системами ЭВМ - Linux, Windows, Ms. Office, а также должны знать хотя бы один алгоритмический язык высокого уровня (Maple, Matcad, Matlab и др. )

Изучение данной дисциплины базируется на межпредметных связях. Курс Наносистемы, наноматериалы, наноэлектроника является продолжением и развитием предшествующего курсов ” “Информатика”, “Квантовая теория”, «Электродинамика», “Общая химия”, “Физические основы наноэлектроники” Основные положения дисциплины должны быть использованы студентами в дальнейшем при выполнении курсовых и дипломных работ. Приступая к изучению курса, студенты должны владеть основными понятиями и методами математического анализа, линейной алгебры, комбинаторики, информатики и основ электроники. Приступая к выполнению лабораторных и практических занятий студенты должны свободно владеть практическими навыками работы на современных персональных компьютерах должны иметь навыки работы с операционными системами ЭВМ - Linux, Windows, Ms. Office, а также должны знать хотя бы одну информационную систему расчета молекул, например GYPERCHEM, GAUSSIAN и др.

Предусмотренные программой знания являются базой для последующего решения специалистами научных и инженерных задач и формирования квалифицированных специалистов.

## **3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

**ПК-4** – способностью внедрять результаты прикладных научных исследований в перспективные приборы, устройства и системы, основанные на колебательно-волновых принципах функционирования

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Неудовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап	Знать квантовые основы наноэлектроники и молекулярной электроники Знать основные направления развития и типы нано и молекулярных устройств Знать физико-химические принципы строения нано и молекулярных структур для электроники. Знать процессы переноса заряда в наночастицах, основные понятия квантовой механики	Имеет фрагментарные знания профессиональной лексики, не готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Фрагментарные знания профессиональной лексики, не всегда готов к участию в дискуссии на профессиональные темы;	Достаточно уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.	Уверенно знает профессиональную лексику, быть готовым к участию в дискуссии на профессиональные темы; знать основы делового общения, принципы и методы организации деловой коммуникации на русском и иностранном языках.

	молекул и твердых тел.				
Второй этап	Уметь практически использовать законы молекулярной механики для исследования. Уметь исследовать структурные и электронные характеристики наноэлектронных структур. Уметь проводить расчеты наночастиц	Умеет фрагментарно проводить информационно-поисковую работу	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но не умеет адекватно отбирать данные для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу, но испытывает трудности при выборе необходимых данных для решения профессиональных задач	Уверенно проводит информационно-поисковую работу и выбор данных для решения профессиональных задач
Третий этап	Владеть основой моделирования графена, фуллерена, углеродных нанотрубок	Не способен работать с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Способен работать с различными источниками информации; испытывает сложности с выбором современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач	Владеет способностью работать с различными источниками информации; применять современные инструментальные средства для проведения информационно-поисковой работы, не способен внедрять данные для решения поставленных задач	Владеет навыками работы с различными источниками информации; применения современных инструментальных средств для проведения информационно-поисковой работы с последующим внедрением данных для решения поставленных задач

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (для экзамена: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы –

максимум 10; для зачета: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

для зачета:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),

не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	Знать квантовые основы наноэлектроники и молекулярной электроники Знать основные направления развития и типы нано и молекулярных устройств Знать физико-химические принципы строения нано и молекулярных структур для электроники.	ПК-4	контрольные работы; тесты; решение задач; зачет
	Знать процессы переноса заряда в наночастицах. Знать основные понятия квантовой механики молекул и твердых тел.	ПК-4	
	Знать теоретические основы физических методов расчета наночастиц. Знать основные понятия квантовой механики молекул и твердых тел Знать необходимых для моделирования молекулярных и нано устройств на ЭВМ	ПК-4	
2-й этап Умения	Уметь практически использовать законы молекулярной механики для исследования Уметь исследовать структурные и электронные характеристики	ПК-4	контрольные работы; тесты; решение задач; зачет



	нанoeлектронных структур.		
	Уметь проводить расчеты наночастиц	ПК-4	
	исследовать структурные и электронные характеристики нанoeлектронных структур; выполнять расчеты наночастиц с применением современных компьютерных методов Уметь использовать стандартные программы для расчета структуры наноматериалов на компьютере	ПК-4	
3-й этап Владеть навыками	Владеть основной моделирования графена, фуллерена, углеродных нанотрубок	ПК-4	контрольные работы; тесты; решение задач; зачет
	Владеть методом молекулярной механики для расчетов наночастиц	ПК-4	
	Владеть программами расчета структурных и термодинамических характеристик наноматериалов	ПК-4	

### 4.3 Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)

Рейтинг–план дисциплины представлен в приложении 2.

#### Экзаменационные билеты

Экзамен (зачет) является оценочным средством для всех этапов освоения компетенций.

Примерные вопросы для экзамена:

1. Электродуговые и электрохимические методы взрыва проволок.
2. Трубочатые структуры.
3. Электронные устройства на основе легированных нанотрубок.
4. Нановолокна и нанотрубки углеродные нанотрубки.
5. Синтез нанотрубок. Графеновая электроника.
6. Синтез графенов .
7. Фуллерены и фуллереноподобные структуры .
8. Технология полимерных, пористых, трубчатых и биологических наноматериалов.
9. Уравнения Рутана

10. Приближение Хартри-Фока.
11. Определение структуры наночастиц методом молекулярной механики
12. Электронная структура углеродных молекул
13. Электрон в одно- дву мерных потенциальных ящиках.
14. Туннельные эффекты в наноструктурах.
15. Электронные состояния для трехмерных, двумерных, одномерных структур.
16. Теория молекулярных орбиталей (МО), и теоретические методы оценки электронной структуры молекул.
17. методы МО-ЛКАО,
18. Электрон-фононное взаимодействие.

Образец экзаменационного билета:

Приведен в приложении 3.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

**Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

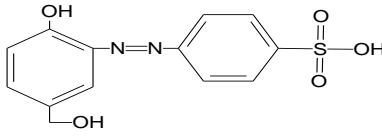
- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

## Контрольная работа

Пример контрольной работа №1 (вариант 1).

**Задание:** Используя простой метод Хюккеля в системе MAPLE\_7 , а также метод РМЗ Рутана-Хартри-Фока рассчитать максимумы полос поглощения и сравнительные значения ПИ и СЭ для красителей , входящих в состав активных лазерных сред и квантовых точек. Полученные результаты сравнить с экспериментом.

№	наименования красителей	структурная формула красителей	экспериментальные значения		
			ИСО, нм л моль <sup>-1</sup> см <sup>-1</sup>	ПИ, эВ	СЭ, эВ
1	2	3	4	5	6
1	кислотный для квантовых точек	 $\lambda=580$ нм	1448,62	9,27	0,11

**Критерии оценивания решения контрольных заданий:**

- 5 баллов выставляется студенту, если задача решена абсолютно верно;
- 4 балла выставляется студенту, если при верном решении в общем виде допущена ошибка в числовых расчетах или при правильном ответе опущены некоторые промежуточные этапы решения или допущена непринципиальная ошибка в исходных уравнениях;
- 3 балла выставляется студенту, если отсутствует одно из необходимых исходных уравнений или допущена принципиальная ошибка в исходных уравнениях, но присутствуют правильные рассуждения и действия, направленные на получение ответа (задача решена наполовину);
- 1-2 балла выставляется студенту, если верно записана только часть необходимых исходных уравнений, при этом отсутствуют какие-либо математические преобразования, направленные на получение ответа или они ошибочны.
- 0 баллов ставится при отсутствии ответа или при полностью неверном ответе или когда ответ не соответствует условию задачи.

Рубежный контроль. Вопросы для проведения коллоквиума

1. Равновесная термодинамика наносостояния
2. Термодинамика поверхностных свойств наночастиц
3. Особенности фазовых переходов и кинетики в наносистемах
  - a. Явления переноса в наносистемах
  - b. Наночастицы, как квантовые и классические объекты
4. Методы молекулярной динамики в расчете наночастиц
5. Квазичастицы в молекулярной и наноэлектронике
6. Метаматериалы и фотонные кристаллы
7. Роль поверхности наночастиц. Общая характеристика наносостояния.
8. Особенности поверхности наночастиц и ее влияние на физ. свойства
9. Уникальные оптические свойства наноструктур
10. Уникальные механические свойства наноструктур
11. перспективы молекулярной наноэлектроники и спинтроники
12. Определение наноструктуры с позиции физики и химии твердого тела.
13. Термодинамическая обусловленность образования кластеров и наночастиц.
14. Зависимость температуры плавления от размера наночастиц.
15. Значение поверхностного натяжения на границах поверхности наноматериалов.
16. Транспортные явления, процессы переноса импульса, тепла, зарядов и массы в низкоразмерных системах.

## 1. Публикация статей – 5 баллов

Критерии	Оценка (в баллах)	
Тип работы	Реферативная работа	0,1
	Работа носит исследовательский характер	0,3
	Работа является исследованием	0,6
Использование известных данных и научных фактов	Не использует никаких данных	0
	Автор использовал известные данные	0,4
	Использованы уникальные научные данные	0,6
Полнота цитируемой литературы, ссылка на ученых	Использован учебный материал	0,1
	Использованы специализированные издания	0,3
	Использованы интернет ресурсы	0,6
Актуальность работы	Изучение вопроса не является актуальным	0
	Представленная работа привлекает интерес своей актуальностью	0,4
	Работа содержит научный характер	0,6
Степень новизны полученных результатов	Работа не содержит ничего нового	0
	В работе доказан уже установленный факт	0,4
	В работе получены новые данные	0,6

## 2. Участие в конференции- 5 баллов

Творческий подход к отбору и структурированию материала	-	1 балл
Новизна и самостоятельность при постановке проблемы	-	1 балл
Выступление не является простым чтением с экрана	-	1 балл
В выступлении дополняются и раскрываются ключевые моменты, представленные на слайдах	-	1 балл
Во время выступления поддерживается зрительный контакт с аудиторией, речь отличается богатством интонаций	-	1 балл

**5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**  
**5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

**Основная литература:**

1. М.Ю. Доломатов Основы нанoeлектроники. Учебное пособие. – Уфа : РИНЦ Баш. ГУ-2015, 206с.
2. Н. Г. Рамбиди, А. В. Берёзкин Физические и химические основы нанотехнологий .— М. : Физматлит, 2009 .— 456 с. — Библиогр.: с. 448 .— ISBN 978-5-9221-0988-8 : 812 р. 13 к.
3. Доломатов М.Ю., Бахтизин Р.З. Исследование молекулярной и электронной структуры молекул и наночастиц. Лабораторный практикум по физическим основам нанoeлектроники / Учебное пособие для студентов физических специальностей Вузов - Уфа: РИО БашГУ, 2012.- 120 с.
4. М.Ю. Доломатов, Р.З. Бахтизин , Д.О. Шуляковская Исследования электронных характеристик и свойств молекул и наночастиц. Учебное пособие. – Уфа : РИНЦ Баш. ГУ-2014, 214 с.

**Дополнительная литература**

1. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований / Под ред. М. К. Роко, Р. С. Вильямса, П. Аливисатоса; Пер.с англ. под ред. Р.А.Андреевского. — М.: Мир, 2002. — 292 с.
2. Ч. Пул, Ф. Оуэнс. Нанотехнологии. Мир материалов и технологий. Техносфера, Москва, 2005.
3. Суздаев И. Л, Суздаев П. И. Нанокластеры и нанокластерные системы. Организация, взаимодействие, свойства // Успехи химии. — 2001. — Т. 70.-№3.-С. 203-240.
4. Чеботин В.Н. Физическая химия твердого тела. М.: Химия, 1982. 320с.
5. Алферов Ж. И. Двойные гетероструктуры: концепция применения в физике, электронике и технологии. Нобелевская лекция по физике //Успехи физических наук. — 2002. — Т. 172. — № 9. — С. 1068 —1086.
6. Киселев В. Ф., Козлов С.Н., Зотеев А. В. Основы физики поверхности твердого тела. — М.: Изд-во МГУ, 1999. — 284 с.
7. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы /Пер. с англ. под ред. В. В. Власова, А. А. Варнека. — Новосибирск: Наука, 1998.-334 с.
8. Морохов И. Д., Трусов Л. И., Лаповок В. Н. Физические явления в ультрадисперсных средах. — М.: Энергоатомиздат, 1984. — 224 с.
9. Глезер А. М. Аморфные и нанокристаллические структуры: сходства, различия, взаимные переходы // Российский химический журнал. —2002. - Т. 46. -№ 5. - С. 50-56.
10. Мильвидский М. Г., Чельшев ВВ. Наноразмерные кластеры в полупроводниках — новый подход к формированию свойств материалов // Физика и техника полупроводников. — 1998. — Т. 32, — № 5. — С. 513 — 530.
11. Озерин А. И. Наноструктуры в полимерах: получение, структура, свойства // Проблемы и достижения физико-химической и инженерной науки в области наноматериалов: Труды 7-й сессии / Под ред. В. А. Махлина. - М.: ГНЦ РФ НИФХИ им. Л.Я. Карпова, 2002. - Т. 1. - С. 186-204.
12. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия, 2000.
13. Помогайло А. Д. Металлополимерные нанокomпозиты с контролируемой молекулярной архитектурой // Российский химический журнал. —2002. - Т. 46. -№ 5. - С. 64-73.
14. Симон Ж., Андре Ж. "Молекулярные полупроводники". М.: Мир, 1988.
15. У.А.Харрисон. "Электронная структура и свойства твердых тел". М.: Мир, 1986.
16. Рамбиди А.Г. "Принципы молекулярной электроники". Поверхность, 2006, №8, с.1.

17. Колпаков А.В. "Дифракция рентгеновских лучей в сверхрешетках", 1992.
18. Хорман М. "Полупроводниковые сверхрешетки". М.: Наука, 2009.
19. Елецкий А.В. "Углеродные нанотрубки". Успехи физических наук, 1997, вып.9, с.945.
20. Лозовик Ю.Е., Попов А.М. "Образование и рост углеродных нанострун – фуллеренов, наночастиц, нанотрубок и конусов". Успехи физических наук, 1997, вып.7, с.751.

#### **Периодическая литература**

1. Успехи химических наук . Научно-технический журнал. Изд. Москва, Наука
2. Успехи физики . Научно-технический журнал. Изд. Москва, Наука

#### **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. О. П. Кормилицын, Ю. А. Шукейло . Механика материалов и структур нано- и микротехники [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Электрон. дан. и прогр. — М. : Академия, 2008 .—— Электрон. версия печ. публикации .— Систем. требования: IBM PC; Microsoft Windows 95/98/XP. ISBN978-5-7695-4093-6URL: <http://https://bashedu.bibliotech.ru/Account/LogOn>>.
2. Перст .перспективные нанотехнологии . Наноструктуры, сверхпроводники, фуллерены Экспресс-бюллетень ПерсТ издается совместной информационной группой ИФТТ РАН и РНЦ «Курчатовский институт» <http://perst.issp.ras.ru>

**6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для проведения лекционных занятий используется аудиторный фонд физико-технического института.

<b>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</b>	<b>Вид занятий</b>	<b>Наименование оборудования, программного обеспечения</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Аудитория 313	Лекции	Компьютер, мультимедийный проектор, микрофон, акустическая система, экран, доска, программы: Windows, MS Power Point
Аудитория 316	Лабораторные занятия	Компьютер, мультимедийный проектор, экран, доска

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Наносистемы, наноматериалы, наноэлектроника на 2 семестр  
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Рабочую программу осуществляют:

Лекции:

профессор кафедры физической электроники и нанофизики, д.хим.н. Доломатов М.Ю.  
(должность, уч. степень, ф.и.о.)

Лабораторные занятия:

профессор физической электроники и нанофизики, д.хим.н. Доломатов М.Ю.  
(должность, уч. степень, ф.и.о.)

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	3/108
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	49,2
лекций	24
практических/ семинарских	-
лабораторных	24
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	31,8
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	27
Учебных часов контроля (РГР, зачет/экзамен)	

Форма контроля:

\_\_\_\_\_ экзамен \_\_\_\_\_



№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Модуль 1: фундаментальная база нанoeлектроники</b>								
1.	1. Равновесная термодинамика наносостояния 2. Термодинамика поверхностных свойств наночастиц 3. Особенности фазовых переходов и кинетики в наносистемах а. Явления переноса в наносистемах б. Наночастицы, как квантовые и классические объекты 4. Методы молекулярной динамики в расчете наночастиц 5. Методы	12		12	15	О [1,2,4], Д [4,9]	По списку заданий	Текущие проверки конспектов, изучения литературы, контрольная работа

	<p>Хартри Фока, и молекулярной механики в расчете структурных характеристик и физических свойств наночастиц.</p> <p>6. Методы теории функционала плотности в расчете молекул и наночастиц</p> <p>7. Квазичастицы в молекулярной и наноэлектронике</p> <p>8. Метаматериалы и фотонные кристаллы</p>							
--	--	--	--	--	--	--	--	--

**Модуль2: функциональная наноэлектроника**

4.	<p>1. Теоретические основы нанолитографии</p> <p>2. Гетероструктуры- квантовые точки, нанодиоды, нано-молекулярные полевые транзисторы</p> <p>3. Молекулярные логические электронные элементы</p> <p>4. Принципы квантового расчета молекулярных полевых туннельных</p>	12		12	16,8	О[4], Д [3], [16]	По списку заданий	Текущие проверки конспектов, изучения литературы, контрольная работа
----	---	----	--	----	------	-------------------	-------------------	--

транзисторов и переключателей 5. Наноантенны и колебательный контур на наночастицах 6. Нанопреобразователи энергии Моделирование динамики взаимодействия и самоорганизации наночастиц							
<b>Всего часов:</b>	24		24	31,8			

**Рейтинг-план дисциплины****Наносистемы, наноматериалы, наноэлектроника**

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

специальность \_\_\_\_\_ Радиофизика \_\_\_\_\_

курс \_\_\_\_\_ 1 \_\_\_\_\_, семестр \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ 2022/2023 гг.

Количество часов по учебному плану \_36\_, в т.ч. аудиторная работа \_30\_,  
самостоятельная работа \_6\_.

Преподаватель: д.хим.н. Доломатов М.Ю.

Кафедра физической электроники и нанофизики

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Мини-мальный	Макси-мальный
<b>Модуль 1 «Фундаментальные основы наноэлектроники»</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Опрос	5	3	0	15
<b>Рубежный контроль</b>				
Контрольная работа №1	3	10	0	30
ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 1			<b>0</b>	<b>45</b>
<b>Модуль 2 «Функциональная наноэлектроника»</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Опрос	5	3	0	15
<b>Рубежный контроль</b>				
Контрольная работа №2	3	10		30
ВСЕГО ПО МОДУЛЮ 2			<b>0</b>	<b>45</b>
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Публикация статей				<b>3</b>
2. Участие в конференциях			0	<b>5</b>
<b>Итого поощрительных баллов</b>			<b>0</b>	<b>8</b>
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			<b>0</b>	<b>-6</b>
2. Посещение практических занятий			<b>0</b>	<b>-10</b>
<b>Итоговый контроль</b>				
экзамен	9 (вопрос билета)	2 вопроса	Макс. 18 б.	<b>30</b>
	3 (доп. вопрос)	2	Макс. 6 б.	
	6 (задача)	1	Макс. 6 б.	

Утверждено на заседании кафедры физической электроники и нанофизики

Протокол № \_\_\_\_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Т.И. Шарипов

Преподаватель \_\_\_\_\_

## Форма экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ФИЗИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОНИКИ И НАНОФИЗИКИ

### ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

по дисциплине Наносистемы, наноматериалы, наноэлектроника  
Направление 03.04.03 Радиофизика

1. Уникальные оптические свойства наноструктур
2. Молекулярно-лучевая эпитаксия.
3. Технология полимерных, пористых, трубчатых и биологических наноматериалов.

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_  
(дата)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Шарипов Т.И.  
(подпись) (Ф.И.О.)