

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

Кафедра №32

«УТВЕРЖДАЮ»  
 Руководитель направления  
проф., д.т.н., проф.  
(должность, уч. степень, звание)  
А.Л. Ронжин  
(подпись)  
 «27» мая 2019 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Микро и нанотехнологии»  
(Название дисциплины)

Код направления	13.03.02
Наименование направления/ специальности	Электроэнергетика и электротехника
Наименование направленности	Электромеханика
Форма обучения	заочная

Санкт-Петербург 2019 г.

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)  
 Ст. преподаватель  
должность, уч. степень, звание

[Подпись]  
подпись, дата

Д.А. Волков  
инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 32  
 «22» мая 2019 г, протокол № 8

Заведующий кафедрой № 32  
 проф., д.т.н., проф.  
должность, уч. степень, звание

[Подпись]  
подпись, дата

А.Л. Ронжин  
инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 13.03.02(01)  
 доц., к.т.н., доц.  
должность, уч. степень, звание

[Подпись]  
подпись, дата

С.В. Соленый  
инициалы, фамилия

Заместитель директора института (декана факультета) № 3 по методической работе

доц., к.т.н., доц.  
должность, уч. степень, звание

[Подпись]  
подпись, дата

М.В. Бураков  
инициалы, фамилия

### Аннотация

Дисциплина «Микро и нанотехнологии» входит в образовательную программу высшего образования по направлению подготовки/ специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» направленности «Электромеханика». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-2 «Способность участвовать в планировании, подготовке, обработке результатов экспериментов и конструировании компонентов объекта профессиональной деятельности»

ПК-4 «Способен оценивать техническое состояние, поддержание и восстановление работоспособности электроэнергетического и электромеханического оборудования»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с подготовкой к использованию базовых технологических процессов и оборудования, применяемых в производстве наноматериалов, компонентов наноэлектроники, микро- и наносистемной техники; владение знаниями о фундаментальных основах технологических процессов получения наноматериалов, компонентов наноэлектроники, микро- и наносистемной техники; готовность работать на современном технологическом оборудовании, используемом в производстве наноматериалов, компонентов наноэлектроники, микро- и наносистемной техники; готовность к эксплуатации и техническому обслуживанию технологического и контрольно-диагностического оборудования в области нанотехнологии; владение знаниями об основах специальных технологических процессах, применяемых для получения наноматериалов и нанокомпонентов.

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

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Дисциплина «Микро- и нанотехнологии» дает студентам знания в области современных технологических процессов для синтеза наноматериалов и компонентов наноэлектроники, что удовлетворяет требованиям заказчиков выпускников университета данной ОПП.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способность участвовать в планировании, подготовке, обработке результатов экспериментов и конструировании компонентов объекта профессиональной деятельности	ПК-2.Д.2 знает методы и средства планирования и организации опытно-конструкторских разработок и практических экспериментальных исследований; методы проведения экспериментов и наблюдений, обобщения и обработки информации
Профессиональные компетенции	ПК-4 Способен оценивать техническое состояние, поддержание и восстановление работоспособности электроэнергетического и электромеханического оборудования	ПК-4.Д.2 оценивает техническое состояние электротехнического оборудования ПК-4.Д.3 оценивает вероятность возникновения потенциальной опасности в электроустановке и принимает меры по ее предупреждению

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- Физика;
- Химия;
- Микроэлектроника
- Твердотельная электроника.

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

- Технология полупроводниковых приборов и ИМС
- Нетрадиционная электромеханика

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№7
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	3/ 108	3/ 108
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	16	16
в том числе:		
лекции (Л), (час)	8	8
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	8	8
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)		
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	92	92
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Зачет	Зачет

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Введение	1	1			10
Раздел 2. Классификация микро- и наноматериалов	1	1			10
Раздел 3. Производственная чистота, гигиена и безопасность.	1	1			10
Раздел 4. Системный подход к процессам микро- и нанотехнологии	1	1			10
Раздел 5. Оборудование и методы нанесения вещества.	1	1			12
Раздел 6. Оборудование и методы удаления вещества	1	1			10
Раздел 7. Интенсификация и интеграция процессов микро- и нанотехнологии	1	1			10
Раздел 8. Литографические процессы.	0,5	0,5			10
Раздел 9. Заключение	0,5	0,5			10
Итого в семестре:	8	8			92
Итого	8	8	0	0	92

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
Раздел 1. Введение	Возникновение и развитие микро- и нанотехнологии. История появления материаловедческо-технологического базиса и основных организационных принципов.
Раздел 2. Классификация микро- и наноматериалов	Классификация микро- и наноматериалов по виду, типу, методу изготовления, и др.
Раздел 3. Производственная чистота, гигиена и безопасность.	Чистые помещения: классификация производственных помещений по чистоте воздушной среды и микроклимату, источники загрязнений, способы обеспечения и поддержания чистоты. Вакуум: глубина вакуума, средства откачки и методы контроля. Технологические среды: чистота материалов, воды, газовых сред и жидкостей. Аппаратура и элементы газовых и жидкостных систем. Базовые операции очистки жидких и газообразных сред. Очистка поверхности пластин. Безопасность работы в чистых помещениях: токсичные, взрывоопасные и пожароопасные среды. Утилизация отходов.
Раздел 4. Системный подход к процессам микро- и нанотехнологии	Системная модель технологического процесса: объект, воздействие, процесс. Классификация процессов микро- и нанотехнологии по физико-химической сущности: механический, термический, химический, корпускулярно-полевой; виду процесса: нанесение, удаление, модифицирование; характеру протекания процессов: тотальный, локальный, селективный, избирательный, анизотропный; способу активации: тепло, излучение, поле. Виды термического и корпускулярно-лучевого воздействий: резистивный, лучистый и индукционный нагрев, электронные и лазерные пучки, плазма и ионные пучки. Каталитические свойства поверхности и атомно-силовое воздействие.
Раздел 5. Оборудование и методы нанесения вещества.	Оборудование и методы нанесения вещества в вакууме из молекулярных пучков: вакуум-термическое и электронно-лучевое испарение, молекулярно-лучевая эпитаксия. Оборудование и методы ионно-плазменного осаждения: катодное, магнетронное, реактивное распыления; ионно- и плазмохимическое осаждение. Оборудование и методы осаждения из газовой фазы: получение поликристаллического и аморфного гидрогенизированного кремния, оксида и нитрида кремния; пиролитическое осаждение металлов; газофазная эпитаксия кремния, бинарных и многокомпонентных соединений; газофазные методы молекулярной химической сборки. Оборудование и методы осаждения из жидкой фазы: жидкофазная эпитаксия, электрохимическое осаждение слоев, нанесение моно- и мультислоев органических веществ методом Ленмюра-Блуджетт. Золь-гель технология.
Раздел 6. Оборудование и методы удаления вещества	Шлифование и полирование пластин. Электрохимическая, ультразвуковая и электроэрозионная обработки. Механическое, лазерное и электронно-лучевое скрайбирование. Вакуум-термическое травление. Процессы химического травления: механизмы травления; оборудование, методы и среды для жидкостного и газового травления; локальное и анизотропное ориентационно-чувствительное травление; маскирующие, «жертвенные» и «стоп»-слои. Электрохимическое травление, получение пористого кремния. Ионно-плазменное травление: оборудование, методы и механизмы травления; ионно-лучевое,

		плазмохимическое, реактивное ионно-плазменное, ионно-химическое травление
Раздел Интенсификация и интеграция процессов микро- и нанотехнологии	7.	Физико-технологические и экономические ограничения миниатюризации и интеграции. Нетермические методы активации физико-химических процессов: локальность, избирательность, скорость протекания процессов. Активация процессов полем и излучением: электрически стимулированная эпитаксия; фото- и СВЧ-стимулированные процессы осаждения, окисления и травления. Туннельно-полевое модифицирование поверхности: квантово-механические принципы локального переноса заряда, энергии, массы; технология атомно-молекулярного массопереноса и модифицирования с наноразрешением. Базовые принципы интеграции процессов: аппаратурная и топохимическая интеграция. Самоформирование: интеграция физико-химических процессов на основе топохимической селективности поверхности, структурно-топологические операции на основе анизотропии, маски дифференциального действия, принцип матрицы. Интегрированные технологические кластерные комплексы: минифабрики, нанотехнологические комплексы на основе туннельно-полевого массопереноса и модифицирования. Системный подход к управлению качеством продукции: ЕСТД и её применение, структура и функции АСУТП, оптимизация контрольно-измерительных операций.
Раздел Литографические процессы.	8.	Классификация базовых методов литографии: фото-, рентгено-, электроно- и ионолитография. Литографический цикл: резисты и способы их нанесения, позитивные, негативные, жидкие и сухие резисты; методы повышения адгезии, плазмостойкости; планаризация, предэкспозиционная обработка, проявление и сушка. Фотошаблоны. Аппаратура и способы совмещения и экспонирования. Пространственное разрешение. Эволюция процессов экспонирования: высокоэффективные источники дальнего ультрафиолета, оптическая литография с фазовым сдвигом, стереолитография, электроно-, ионо-, рентгенолитография. Литография с использованием синхротронного излучения. Объемная субмикронная литография.
Раздел 9. Заключение		Построение технологических процессов на основе оптимального сочетания принципов управления, самоформирования, самоорганизации: адаптивный синтез микроэлектронных структур, самосогласованные цепи технологических операций. Атомно-молекулярная инженерия.

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7				
1	Производственная чистота, гигиена и безопасность.	Семинар, практическое занятие	1	
2	Оборудование и методы нанесения вещества.	Семинар, практическое занятие	2	
3	Оборудование и методы	Семинар, практическое занятие	2	

	удаления вещества			
4	Интенсификация и интеграция процессов микро- и нанотехнологии	Семинар, практическое занятие	1	
5	Литографические процессы.	Семинар, практическое занятие	2	
Всего			8	

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено			
Всего			

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	10	10
Курсовое проектирование (КП, КР)	10	10
Расчетно-графические задания (РГЗ)	12	12
Выполнение реферата (Р)	12	12
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	12	12
Домашнее задание (ДЗ)	10	10
Контрольные работы заочников (КРЗ)	10	10
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	16	16
Всего:	92	92

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

#### 6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
Процессы плазменного травления в микро- и нанотехнологиях учебное пособие. — 3-е изд. (эл.)	<a href="http://www.docme.ru/doc/997148/processy-plazmennogo-travleniya-v%C2%A0mikro--i%C2%A0nanotekhnologiyah...">http://www.docme.ru/doc/997148/processy-plazmennogo-travleniya-v%C2%A0mikro--i%C2%A0nanotekhnologiyah...</a>	
Кирчанов В.С. Наноматериалы и нанотехнологии: учебное пособие / В.С.Кирчанов; Пермский нац. исслед. политех. ун-т. – Пермь. Изд-во Перм. нац. иссл. политех. ун-та 2016-193 с.	<a href="https://pstu.ru/files/2/file/kafedra/fpmm/of/Nanomateriali_i_nanotekhnologii_bak.pdf">https://pstu.ru/files/2/file/kafedra/fpmm/of/Nanomateriali_i_nanotekhnologii_bak.pdf</a>	
Захарова И.Б. Физические основы микро-и нанотехнологий	<a href="http://www.twirpx.com/file/1098105/">http://www.twirpx.com/file/1098105/</a>	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование
НК: Введение в процессы интегральных микро- и нанотехнологий : учебное пособие для вузов	<a href="http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/nk-vvedenie-v-protsessy-integralnykh-mikro-nanotekhnologii-uchebnoe-posobie-dlya-vuzov">http://www.nanonewsnet.ru/blog/nikst/nk-vvedenie-v-protsessy-integralnykh-mikro-nanotekhnologii-uchebnoe-posobie-dlya-vuzov</a>
<a href="http://www.studfiles.ru/preview/518289/">http://www.studfiles.ru/preview/518289/</a>	Микро - и нанотехнологии

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено



8.2. Перечень информационно-справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Лекционная аудитория	21-18
2	Мультимедийная лекционная аудитория	21-21

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Зачет	Список вопросов; Тесты; Задачи.

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

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>– не допускает существенных неточностей;</li> <li>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>– аргументирует научные положения;</li> <li>– делает выводы и обобщения;</li> <li>– владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>– допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>– слабо аргументирует научные положения;</li> <li>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>– частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>– обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>– испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>– не может аргументировать научные положения;</li> <li>– не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Принцип действия установок для нанесения тонких пленок.</li> <li>• В чем отличие процессов испарения и сублимации?</li> <li>• Чем определяется равномерность распределения толщины пленки по подложке?</li> <li>• Как определить толщину наносимых пленок микровзвешиванием?</li> <li>• Каков принцип измерения толщины пленок методом лучевой интерферометрии?</li> <li>• Как определить адгезию пленок?</li> <li>• В чем заключается влияние давления остаточных газов на процесс напыления и электрофизические параметры пленок?</li> <li>• Что такое молекулярный поток?</li> </ul>

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения

	курсовой работы
	Учебным планом не предусмотрено

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
	<p>Дать классификацию наноструктур.            Каковы характерные особенности нанообъектов.            Назвать дифракционные методы исследования наноструктур.            Рентген-дифракционные методы определения размеров наночастиц.            Типы и характеристики измельчающих устройств.            Перечислить методы физического диспергирования.            Интенсивная пластическая деформация, виды.            Пластичность. В чем заключается деформационное упрочнение.            Сверхпластичность.            Упругие свойства.            Внутреннее трение в субмикрористаллических структурах. Усталость субмикрористаллических материалов.            Привести примеры наноструктурных материалов для применений в медицине и технике.            Интеркалированные нанотрубки.            Структура фуллеренов.            Легирование фуллеренов. Сверхпроводимость</p>

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
1	Контрольная работа промежуточная
2	Контрольная работа итоговая

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала.

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

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

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

Структура предоставления лекционного материала:

1. Нанокластеры и наноматериалы
  - 1.1. Нанокластеры и их классификация
  - 1.2. Методы получения различных нанокластеров и наноструктур
  - 1.3. Наноматериалы
2. Углеродные нанокластеры, наноструктуры и наноматериалы
  - 2.1. Углеродные нанокластеры
  - 2.2. Фуллерены
  - 2.3. Фуллериты
  - 2.4. Углеродные нанотрубки
  - 2.5. Графен
3. Объёмные наноструктурированные материалы
  - 3.1. Твердотельные нанокластеры и наноструктуры
  - 3.2. Наноструктуры и их свойства
  - 3.3. Тонкие пленки
  - 3.4. Металлические нанокластеры в оптических стеклах
  - 3.5. Пористый кремний
  - 3.6. Объёмные наноструктурированные материалы для фотоники
4. Электрические и магнитные свойства наносистем и наноматериалов
  - 4.1. Электрические свойства наноструктур
  - 4.2. Магнитные свойства наноструктур
  - 4.3. Ферромагнитные жидкости
5. Самосборка и катализ. Поверхностные эффекты
  - 5.1. Процесс самосборки. Монослои
  - 5.2. Поверхностные эффекты
  - 5.3. Электронные свойства поверхности металлов и оксидов металлов
  - 5.4. Магнитные свойства поверхности металлов и оксидов металлов
  - 5.5. Асорбция и катализ
  - 5.6. Термодинамический подход к поверхности
6. Биологические наноструктуры
  - 6.1. Макромолекулярные и супрамолекулярные наноструктуры
  - 6.2. Биополимеры. Белки. ДНК-дублированная нанопроволока
  - 6.3. Мицеллы и везикулы
  - 6.4. Эмульсия
  - 6.5. Особенности строения и область применения наноматериалов в медицине
7. Нанотехнологии

- 7.1. Определение технологии и нанотехнологии
- 7.2. Методы получения наноматериалов
- 7.3. Механические методы получения нанопорошков
- 7.4. Методы физического диспергирования
- 7.5. Методы химического диспергирования
- 7.6. Биологические методы получения наноматериалов
- 7.7. Пиролиз (термическое разложение)
- 7.8. Способы консолидации наноразмерных порошков
- 8 Методы измерения, исследования и формирования наноструктур
- 8.1. Молекулярно-лучевая эпитаксия
- 8.2. Формирование квантовых точек посредством самоорганизации при эпитаксии
- 8.3. Нанолитография
- 8.4. Импринт – литография (нанопечатная литография)
- 9 Зондовые технологии
- 9.1. Сканирующая туннельная микроскопия (СТМ)
- 9.2. Нанотехнологии на основе СТМ
- 9.3. Атомно-силовая микроскопия (АСМ)
- 9.4. Применение АСМ в нанотехнологиях
- 9.5. Нанолитография на основе АСМ
- 10 Методы исследований и измерений наноструктур
- 10.1. Рентгеновский структурный анализ (РСА)
- 10.2. Масс-спектрометрия
- 10.3. Электронная спектроскопия
- 10.4. Оптическая спектроскопия
- 10.5. Инфракрасная и рамановская спектроскопия
- 10.6. Фотоэмиссионная и рентгеновская спектроскопия
- 10.7. Мёссбауэровская спектроскопия (ядерный гамма резонанс-ЯГР)
- 10.8. Ядерный магнитный резонанс (ЯМР)
- 10.9. Электронный парамагнитный резонанс (ЭПР)
- 11 Применения наноматериалов и нанотехнологий
- 11.1. Классификация низкоразмерных систем
- 11.2. Квантовые ямы, проволоки и точки
- 11.3. Оптические свойства квантовых точек (0D -системы)
- 11.4. Оптические свойства нанокластеров, наносистем и наноматериалов
- 11.5. Металлические нанокластеры в оптических стеклах
- 11.6. Оптические свойства полупроводниковых нанокластеров
- 11.7. Лазеры на квантовых точках
- 11.8. Полупроводниковые наноструктуры и наноустройства

#### 11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах

Основной целью для обучающегося является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умения работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием семинарских занятий являются узловые, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы занятий является совместная работа преподавателя и обучающегося над решением поставленной проблемы, а поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности.

При подготовке к семинарскому занятию по теме прослушанной лекции необходимо ознакомиться с планом его проведения, с литературой и научными публикациями по теме семинара.

### 11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

#### Требования к проведению практических занятий

1 Практические занятия проводятся после чтения лекций, дающих теоретические основы для их выполнения. Допускается выполнение практических занятий до прочтения лекций с целью облегчения изучения теоретического материала при наличии описаний работ, включающих необходимые сведения или ссылки на конкретные учебные издания, содержащие эти сведения.

2 Основанием проведения практических занятий по дисциплине являются: у программа учебной дисциплины; у расписание учебных занятий.

3 Условия проведения практических занятий.

3.1 Практические занятия должны проводиться в аудиториях, соответствующих санитарно-гигиеническим нормам.

3.2 Во время практических занятий должны соблюдаться порядок и дисциплина в соответствии с Правилами внутреннего распорядка.

3.3 Практические занятия должны быть обеспечены в достаточном объеме необходимыми методическими материалами, включающими в себя комплект методических указаний к выполнению практических работ по данной дисциплине.

3.4 Преподаватель несет ответственность за организацию практических занятий. Он имеет право определять содержание практических работ, выбирать методы и средства проведения занятия, наиболее полно отвечающие их особенностям и обеспечивающие высокое качество учебного процесса.

4.4 Права, ответственность и обязанности студента.

4.1 На практическом занятии студент имеет право задавать преподавателю вопросы по содержанию и методике выполнения работы. Ответ преподавателя должен обеспечивать выполнение студентом работы в течение занятия в полном объеме и с надлежащим качеством, оговоренным в методических указаниях к практической работе.

### 11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося.

Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

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

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

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

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

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

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

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

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

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

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

11.8. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

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

- зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

– дифференцированный зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся при изучении дисциплины, при выполнении курсовых проектов, курсовых работ, научно-исследовательских работ и прохождении практик с аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»

– Текущий контроль успеваемости проводится в течение учебного периода в целях:

– контроля уровня достижения результатов, предусмотренных образовательной программой;

– оценки соответствия результатов освоения образовательных программ требованиям федерального государственного образовательного стандарта;

– проведения учащимся самооценки, оценки его работы педагогическим работником с целью возможного совершенствования образовательного процесса.

– Порядок, формы, периодичность, количество обязательных мероприятий при проведении текущего контроля успеваемости учащихся определяются педагогическим работником с учетом образовательной программы.

– Фиксация результатов текущего контроля осуществляется, как правило, по пятибалльной системе.



## Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой