

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический  
университет»  
(ФГБОУ ВО КНИТУ)



« 02 »

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по УР  
Бурмистров А.В.  
04 2019г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Технологические основы и устройства для  
получения наноматериалов

Направление подготовки 28.03.02 «Наноинженерия»  
(шифр) (наименование)

Профиль подготовки Органические и неорганические наноматериалы

Квалификация (степень) выпускника БАКАЛАВР

Форма обучения ОЧНАЯ

Институт, факультет Институт нефти, химии и нанотехнологий,  
факультет наноматериалов и нанотехнологий

Кафедра-разработчик рабочей программы Плазмохимических и  
нанотехнологий высокомолекулярных материалов

Курс, семестр 4; 7

|                                               | Часы | Зачетные<br>единицы |
|-----------------------------------------------|------|---------------------|
| Лекции                                        | 36   | 1                   |
| Практические занятия                          | 54   | 1,5                 |
| Семинарские занятия                           | -    |                     |
| Лабораторные занятия                          |      |                     |
| Контроль самостоятельной работы               |      |                     |
| Самостоятельная работа                        | 90   | 2,5                 |
| Форма аттестации: экзамен,<br>курсовой проект | 36   | 1                   |
| Всего                                         | 216  | 6                   |

Казань, 2019 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (№ 923 от 19.09.2017), по направлению 28.03.02 «Наноинженерия» для профиля подготовки «Органические и неорганические наноматериалы» набора обучающихся 2019 года поступления.

Разработчик программы:

Доцент каф.ПНТВМ

(должность)

(подпись)



(Ф.И.О)

Хубатхузин А. А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ПНТВМ, протокол № 15 от 02.07.2019 г.

Зав. кафедрой ПНТВМ , профессор



Вознесенский Э.Ф.

**УТВЕРЖДЕНО**

Начальник УМЦ

(подпись)



Л. А. Китаева

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Технологические основы и устройства для получения наноматериалов» являются:

- а) получение представлений о методах синтеза различных материалов с нанокристаллической структурой, овладеть теоретическими и практическими знаниями основных процессов получения наноматериалов, необходимых студентам для формирования их профессиональных компетенций;
- б) формирование знаний об основных свойствах наноматериалов;
- в) формирование у студентов представлений о химических и физико-химических аспектах наноматериалов и нанотехнологий, их разнообразии и уникальных свойствах, технологиях получения и областях применения в различных отраслях промышленности.

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Технологические основы и устройства для получения наноматериалов» относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательного процесса и формирует у бакалавров по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» по профилю подготовки «Органические и неорганические наноматериалы» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Технологические основы и устройства для получения наноматериалов» бакалавр по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» по профилю подготовки «Органические и неорганические наноматериалы» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

- а) Б1.В.02 Введение в наноинженерию;
- б) Б1.В.04 Аналитическая химия и физико-химические методы анализа;
- в) Б1.В.09 Методы диагностики в нанотехнологии;
- г) Б1.В.11 Нанохимия

Дисциплина «Технологические основы и устройства для получения наноматериалов» является предшествующей и необходима для изучения дисциплин:

- а) Б1.В.ДВ.07.01 Композиционные наноматериалы;
- б) Б2.В.02 (П) Производственная практика (преддипломная практика),  
а также успешного выполнения выпускной квалификационной работы по направлению подготовки 28.03.02 «Наноинженерия» по профилю подготовки «Органические и неорганические наноматериалы».

**3. Компетенции и индикаторы достижения компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

**ПК-11 Способен разрабатывать новые технологические инструкции и проектировать устройства для проведения процессов модификации наноматериалов и наноструктур**

ПК-11.1 Знает углубленные сведения о структуре, физико-химических свойствах, конструкции и назначении наноматериалов и наноструктур; назначение, устройство и принцип действия оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур; правила оформления технологической документации;

ПК-11.2 Умеет оценивать технические и экономические риски при выборе методов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур; составлять и оформлять техническое задание и технологическую документацию;

ПК-11.3 Владеет навыками анализа современного состояния методов и оборудования для модификации свойств наноматериалов и наноструктур; разработки технического задания на проведение работ по модернизации оборудования и обеспечению новых методов модификации свойств наноматериалов и наноструктур; разработки новых технологических инструкций

***В результате освоения дисциплины обучающийся должен:***

**1) Знать:**

- а) о взаимосвязи между химическим строением вещества и свойствами наноматериала на его основе;
- б) базовые понятия, законы и теории химии и физики.
- в) роль химических и физико-химических процессов в нанотехнологиях.
- г) основные понятия и определения, характеризующие строение, структуру, состав и свойства наноматериалов, применяемых в изделиях;
- д) основные химические и физико-химические методы получения наноматериалов.

**2) Уметь:**

- а) использовать различные источники информации для получения сведений о новейших исследованиях в области получения наноматериалов;
- б) интерпретировать и оформлять результаты экспериментальных и теоретических работ, формулировать выводы;
- в) проектировать элементы технологического оборудования, используемые для получения наноматериалов;
- г) выбирать материалы с оптимальными свойствами для решения задач наноинженерии;
- д) выбирать методы для оценки свойств материалов, используемых в

наноинженерии;

е) самостоятельно работать с научной и методической литературой по методам получения наноматериалов;

ж) оценивать значение новейших открытий и разработок в области получения наноматериалов.

3) Владеть:

а) навыками разработки новых технологических процессов и оборудования;

б) навыками определения оптимальных условий проведения технологических процессов.

**4. Структура и содержание дисциплины «Технологические основы и устройства для получения наноматериалов»**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц, 216 часов.

| №<br>п<br>/п | Раздел<br>дисциплин<br>ы                                                                                                                       | Семестр | Виды учебной<br>работы<br>(в часах) |                                       |                            |     |     | Оценочные<br>средства для<br>проведения<br>промежуточной<br>аттестации по<br>разделам |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|-------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------|-----|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|
|              |                                                                                                                                                |         | Лекции                              | Семинар<br>(Практически<br>е занятия) | Лабораторны<br>е<br>работы | КСР | СРС |                                                                                       |
| 1            | <i>Введение.<br/>Основные<br/>понятия и<br/>термины<br/>нанонауки и<br/>нанохимии</i>                                                          | 7       | 4                                   | 6                                     |                            |     | 10  | Устный опрос                                                                          |
| 2            | <i>Классифика<br/>ция<br/>наноразмер<br/>ных<br/>материалов.<br/>Методы<br/>исследования<br/>нанообъект<br/>ов</i>                             | 7       | 2                                   | -                                     |                            |     | 5   | Реферат                                                                               |
| 3            | <i>Поверхност<br/>ные явления<br/>и катализ.<br/>Термодинам<br/>ика<br/>поверхности.<br/>Кластерные<br/>модели и<br/>размерные<br/>эффекты</i> | 7       | 14                                  | 21                                    |                            |     | 25  | Устный опрос<br>Дискуссия в<br>формате круглого<br>стола                              |
| 4            | <i>Углеродные<br/>нанострукт<br/>уры.<br/>Фуллерены.<br/>Графен</i>                                                                            | 7       | 2                                   | -                                     |                            |     | 4   | Реферат                                                                               |
| 5            | <i>Твердотель<br/>ные<br/>нанокласте<br/>ры и<br/>нанострукт<br/>уры.<br/>Вопросы<br/>безопаснос</i>                                           | 7       | 14                                  | 27                                    |                            |     | 20  | Устный опрос                                                                          |

|                  |                                   |  |    |    |   |  |    |                               |
|------------------|-----------------------------------|--|----|----|---|--|----|-------------------------------|
|                  | <b>ти<br/>нанотехнол<br/>огий</b> |  |    |    |   |  |    |                               |
| 6                | <b>Курсовой<br/>проект</b>        |  |    |    |   |  | 36 | Защита курсового<br>проекта   |
| <b>ИТОГО</b>     |                                   |  | 36 | 54 | - |  | 90 |                               |
| Форма аттестации |                                   |  |    |    |   |  |    | <i>Экзамен – 36<br/>часов</i> |

**5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций**

| <b>№<br/>п/п</b> | <b>Раздел<br/>дисциплины</b>                                                                        | <b>Часы</b> | <b>Тема<br/>лекционного<br/>занятия</b>                                                  | <b>Краткое содержание</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>Индикаторы<br/>достижения<br/>компетенций</b> |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1                | <b>Введение.<br/>Основные<br/>понятия и<br/>термины<br/>нанонауки и<br/>нанохимии</b>               | 4           | История и<br>предпосылки<br>возникновения,<br>этапы развития.<br><br>Основные<br>понятия | Дан краткий очерк становления и развития нанотехнологий в мире. Показано что исследование нанообъектов происходило не только с середины XX века, но и более раннее время. В IV веке римские стекловары делали стекло с наночастичками металлов – золота и серебра (каждый кристалл величиной около 70 нм), которое меняло свой цвет с зеленого на красный при изменении источника освещения. Даны определения основных терминов, используемых в нанотехнологиях                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | <i>ПК-11.1, ПК-11.2, ПК-11.3</i>                 |
| 2                | <b>Классификация<br/>наноразмерных<br/>материалов.<br/>Методы<br/>исследования<br/>нанообъектов</b> | 2           | Кластеры. Типы кластеров.<br><br><br><br><br><br>Способы<br>получения<br>нанокластеров   | Кластер представляет собой группу близко расположенных и тесно связанных друг с другом атомов, молекул, ионов, а иногда и ультрадисперсных частиц. Впервые понятие кластер ввел в 1964 г. Ф. Коттон для металлических частиц, в которых атомы металла образуют химические связи между собой.<br><br>Методы синтеза кластеров включают, прежде всего, конденсацию из газовой фазы: создание пересыщенного пара с последующим осаждением. К способам образования пара относятся термическое испарение; ионное, плазменное или магнетронное распыление; лазерная абляция и т.д. Ключевым фактором развития нанонауки явилось усовершенствование старых и создание новых инструментальных средств для определения параметров наноструктур и изучения их свойств. Для понимания свойств наноматериалов надо, прежде всего, знать их атомарную структуру, то есть | <i>ПК-11.1, ПК-11.2, ПК-11.3</i>                 |

|   |                                                                                                          |    |                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                  |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|   |                                                                                                          |    | Методы исследования нанообъектов                                                                                                                                                                      | <p>определить типы атомов и их пространственное расположение.</p> <p>Дано описание методов исследования нанообъектов.</p> <p>Дифракционные методы.</p> <p>Масс-спектрометрия</p> <p>Микроскопические методы</p> <p>Просвечивающая электронная микроскопия</p> <p>Сканирующая микроскопия</p> <p>Сканирующая зондовая микроскопия</p> <p>Сканирующая туннельная микроскопия</p> <p>Атомно-силовая микроскопия</p> <p>Спектроскопические методы</p> <p>Электронная спектроскопия</p> <p>Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                  |
| 3 | <b>Поверхностные явления и катализ. Термодинамика поверхности. Кластерные модели и размерные эффекты</b> | 14 | <p>Химия поверхностных явлений</p> <p>Поверхность твердых тел</p> <p>Адсорбция</p> <p>Катализ наноматериалам и</p> <p>Термодинамика поверхности</p> <p>Размерные эффекты</p> <p>Кластерные модели</p> | <p>Химия поверхностных явлений является определяющим фактором в таких областях как гетерогенный катализ, полупроводниковые процессы и многих других. Поверхностные явления широко распространены в химической технологии, практически любое химическое производство осуществляется с применением дисперсных систем и поверхностных явлений. Как правило, все гетерогенные процессы в химической технологии проводят при максимальной поверхности контакта фаз, для этого системы вещества переводят в состояние суспензий, порошков, эмульсий, туманов, пылей. Рассмотрены процессы, происходящие на границе раздела фаз.</p> <p>Для твердого тела характер межатомных сил на поверхности отличается от того, что имеет место в его объеме. В результате этого равновесная структура верхнего атомного слоя, формирующаяся в результате атомной перестройки, как правило, отличается от соответствующей структуры атомной плоскости в объеме. Это приводит, в частности, к появлению у поверхности особых, присущих только ей свойств (например, поверхностных электронных состояний). Выделяют два основных типа атомной перестройки на поверхности: релаксацию и реконструкцию. Приведено описание изменения термодинамических параметров в наноразмерной области.</p> <p>Размерный эффект – это комплекс явлений, связанных с существенным изменением физико-химических свойств вещества вследствие:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• непосредственного</li> </ul> | <b>ПК-11.1, ПК-11.2, ПК-11.3</b> |

|   |                                                                                        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                  |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
|   |                                                                                        |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <p>уменьшения размера частиц (зерен, кристаллитов);</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• вклада границ раздела в свойства системы;</li> <li>• соизмеримости размера частиц с физическими параметрами, имеющими размерность длины и определяющими свойства системы (размер магнитных доменов, длина свободного пробега электрона, дебройлевская длина волны, экситона в полупроводниках и т.д.).</li> </ul> <p>Размерные эффекты наблюдаются при уменьшении размера структурных элементов: частиц, кристаллитов и зерен ниже некоторой пороговой величины.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                  |
| 4 | <b>Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Графен</b>                                     | 2  | <p>Кластеры углерода</p> <p>Фуллерены: открытие и получение</p> <p>Строение и свойства фуллеренов</p> <p>Графен: строение и свойства</p>                                                                                                                                               | <p>Кластеры углерода – это кластеры с сильной атомной связью, атомы углерода формируют кластеры легче, чем атомы других элементов периодической системы. Первые углеродные кластеры были получены в 1940-х гг. В лабораторных условиях кластеры углерода получают лазерным или дуговым испарением, разделяют с помощью масс-спектрометрии. Кластеры C<sub>3</sub> были обнаружены в спектрах комет, C<sub>3</sub> и C<sub>5</sub> – в околозвездном пространстве углеродных звезд. Дано описание кластеров, свойства и строение наиболее известных комплексов – фуллерена и графена.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <i>ПК-11.1, ПК-11.2, ПК-11.3</i> |
| 5 | <b>Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Вопросы безопасности нанотехнологий</b> | 14 | <p>Фуллериты: структура и свойства</p> <p>Углеродные нанотрубки</p> <p>Структура и свойства углеродных нанотрубок</p> <p>Методы получения нанотрубок</p> <p>Применение нанотрубок</p> <p>Твердотельные химические реакции</p> <p>Механохимические превращения</p> <p>Тонкие пленки</p> | <p>Фуллеритами называют твердое состояние фуллеренов, они представляют собой молекулярные кристаллы с ван-дер-ваальсовыми взаимодействиями между молекулами. Фуллериты можно получить в результате выпаривания, например, толуольных фуллереновых экстрактов, получаемых при выделении фуллеренов из сажи после электродугового синтеза. Впервые твердый фуллерит наблюдали авторы электродуговой методики В. Кречмер и Д. Хаффман в 1990 г. в Институте ядерной физики в Гейдельберге. Дано описание структуры и свойств углеродных нанотрубок, методов получения нанотрубок и применения нанотрубок</p> <p>Твердотельные нанокластеры входят во многие наноструктуры в виде основных единиц, формирующих твердое тело. Процессы, ведущие к образованию таких нанокластеров, весьма распространены в природе, например, кристаллизация из раствора или расплава, спекание, различного рода мартенситные (полиморфные) превращения, кристаллизация из</p> | <i>ПК-11.1, ПК-11.2, ПК-11.3</i> |

|  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |  |
|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  |  | <p>Матричные нанокластеры<br/>Супрамолекулярные структуры<br/>Макромолекулярные наноструктуры<br/>Биологические нанообъекты<br/>Биополимеры</p> <p>Возможности и перспективы развития и применения нанонауки и нанотехнологий<br/>Вопросы безопасности нанотехнологий.<br/>Оценка потенциальных рисков<br/>Воздействие наноматериалов на живые организмы<br/>Проблемы лицензирования наноматериалов</p> | <p>аморфных систем, образование магнитных и сегнетоэлектрических доменов, спинодальный распад. Все эти процессы подчиняются законам термодинамики и сопровождаются явлением упорядочения и самоорганизации.</p> <p>Матричные нанокластеры и наноструктуры представляют собой наиболее распространенную в природе часть наносистем. К подобным объектам следует отнести как кластеры металлов в неметаллической, органической матрице и в полимерах в виде разновидности таких наноструктур, так и саму макромолекулярную, полимерную матрицу, как основную часть подобных наноструктур, которая может содержать или не содержать в своем каркасе неорганические фрагменты (например, гибридные полимеры), а также различного рода супрамолекулярные организованные наноструктуры. К высокоорганизованным наносистемам относятся такие биополимеры, как белки и нуклеотиды, обладающие сложной иерархической структурой и разнообразными уникальными свойствами</p> <p>Общественные организации, занимающиеся охраной окружающей среды, призывают к разработке норм регулирования технологий и процессов, связанных с изменением и созданием материалов на атомарном и молекулярном уровнях и используемых в производстве новых лекарственных средств, пищевых и других коммерческих продуктов.</p> <p>Программа по охране окружающей среды ООН (U.N.'s Environment Program – UNEP) в своем отчете за 2007 г. заявила о необходимости дать правильное определение новой науке - нанотехнологии. Подчеркивается, что хотя нанотехнология может преобразить электронику, энергетику и медицину, необходимы тщательные исследования для определения рисков и опасностей, которые могут возникнуть в различных сферах: окружающей среде, здравоохранении, социально-экономических отношениях.</p> |  |
|--|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

## 6. Содержание практических занятий

Цель проведения практических занятий – освоение лекционного материала и применение знаний, навыков и умений при решении практических задач

| №<br>п/п | Раздел дисциплины                                                                                               | Часы | Тема практического занятия                                                                                                                                                                                                                                                                                | Индикаторы<br>достижения<br>компетенций |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1        | <b><i>Введение. Основные понятия и термины нанонауки и нанохимии</i></b>                                        | 6    | Основные понятия и особенности физических методов синтеза наночастиц. Физические методы получения наночастиц<br>Химические и механические методы получения наночастиц                                                                                                                                     | <i>ПК-11.1, ПК-11.2, ПК-11.3</i>        |
| 2        | <b><i>Поверхностные явления и катализ. Термодинамика поверхности. Кластерные модели и размерные эффекты</i></b> | 21   | Методы синтеза наноструктурированных покрытий. Физическое осаждение из газовой фазы (PVD) Химическое осаждение из газовой фазы (CVD). Протекание электрического тока через разрядный промежуток. Определение температуры электронного газа в разрядном промежутке                                         | <i>ПК-11.1, ПК-11.2, ПК-11.3</i>        |
| 3        | <b><i>Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Графен</i></b>                                                       | 10   | Фуллерены, фуллериты, нанотрубки, нанопроволоки и нановолокна. Способы их получения. Молекулярные композиты, «умные» полимерные материалы. Свойства нанокомпозитов. Подготовка обзора научно-технической информации по теме: Методы получения упорядоченных наноструктур. Самоорганизация в наносистемах. | <i>ПК-11.1, ПК-11.2, ПК-11.3</i>        |
| 4        | <b><i>Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Вопросы</i></b>                                               | 17   | Поиск иностранной научно-технической информации по теме: Биомиметика: архитектура природных                                                                                                                                                                                                               | <i>ПК-11.1, ПК-11.2, ПК-11.3</i>        |

|  |                                    |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |  |
|--|------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  | <b>безопасности нанотехнологий</b> |  | материалов, условия формирования и свойства; разработка материалов на основе алгоритмов синтеза природных структур<br>Подготовка обзора научно-технической информации по теме: Медицинские аспекты нанотехнологий: материалы для транспортировки лекарственных препаратов и замены тканей организма. Нанороботы, экологические риски.. |  |
|--|------------------------------------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

### **7. Содержание лабораторных занятий**

Учебным планом по направлению «Наноинженерия» проведения лабораторных работ по данной дисциплине не предусмотрено.

### **8. Самостоятельная работа бакалавра**

| <b>№ п/п</b> | <b>Темы, выносимые на самостоятельную работу</b>                                                         | <b>Часы</b> | <b>Форма СРС</b>                                                            | <b>Индикаторы достижения компетенций</b> |
|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1            | <b>Введение. Основные понятия и термины нанонауки и нанохимии</b>                                        | 10<br><br>5 | Информационный поиск<br>Подготовка к экзамену<br>Подготовка устного доклада | <i>ПК-11.1, ПК-11.2, ПК-11.3</i>         |
| 2            | <b>Поверхностные явления и катализ. Термодинамика поверхности. Кластерные модели и размерные эффекты</b> | 25          | Информационный поиск<br>Подготовка устного доклада<br>Реферат               | <i>ПК-11.1, ПК-11.2, ПК-11.3</i>         |
| 3            | <b>Углеродные наноструктуры. Фуллерены. Графен</b>                                                       | 4           | Подготовка курсового проекта<br>Информационный поиск                        | <i>ПК-11.1, ПК-11.2, ПК-11.3</i>         |

|   |                                                                                        |    |                                                       |                           |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------|---------------------------|
|   |                                                                                        |    |                                                       |                           |
| 4 | <b>Твердотельные нанокластеры и наноструктуры. Вопросы безопасности нанотехнологий</b> | 20 | Подготовка курсового проекта<br>Подготовка к экзамену | ПК-11.1, ПК-11.2, ПК-11.3 |

### **8.1 Контроль самостоятельной работы**

| № п/п | Темы, выносимые на самостоятельную работу | Часы | Форма КРС | Индикаторы достижения компетенций |
|-------|-------------------------------------------|------|-----------|-----------------------------------|
|       |                                           |      |           |                                   |

### **9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.**

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Технологические основы и устройства для получения наноматериалов» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в положении о рейтинговой системе КНИТУ.

Преподавание дисциплины осуществляется при очной форме обучения в 7 семестре и заканчивается экзаменом.

При изучении дисциплины предусматриваются следующие оценочные средства и формы контроля: выполнение и защита курсового проекта, дискуссия в формате круглого стола, подготовка реферата, экзамен и устный опрос. За эти контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу).

| <b>Оценочные средства</b>                 | <b>Кол-во</b> | <b>Min, баллов</b> | <b>Max, баллов</b> |
|-------------------------------------------|---------------|--------------------|--------------------|
| <b>Устный опрос</b>                       | <b>5</b>      | <b>6</b>           | <b>10</b>          |
| <b>Дискуссия в формате круглого стола</b> | <b>2</b>      | <b>15</b>          | <b>25</b>          |
| <b>Реферат</b>                            | <b>1</b>      | <b>15</b>          | <b>25</b>          |
| <b>Экзамен</b>                            |               | <b>24</b>          | <b>40</b>          |
| <b>Итого:</b>                             |               | <b>60</b>          | <b>100</b>         |
| <b>Курсовой проект</b>                    | <b>1</b>      | <b>60</b>          | <b>100</b>         |

### **10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины**

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной

итоговой) аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом

## **11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины**

### **11.1. Основная литература**

При изучении дисциплины «Технологические основы и устройства для получения наноматериалов» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу: .

| <b>Основные источники информации</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <b>Кол-во экз.</b>                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Модификация нанослоев в высокочастотной плазме пониженного давления [Электронный ресурс] : монография / И. Ш. Абдуллин, В. С. Желтухин, И. Р. Сагбиев, М. Ф. Шаехов, Казан. гос. технол. ун-т .— Казань : КГТУ, 2007 .— 370 с. : ил. — 370 с. — ISBN 978-5-7882-0553-3                                                                  | 7 экз. в библиотеке КНИТУ                                                                                                           |
| Бельков, С. А. Основы физики плазмы [Электронный ресурс] : учебное пособие / Российский федеральный ядерный центр - ВНИИЭФ, С. А. Бельков .— Саров : Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, 2002 .— 100 с. — ISBN 58-5165-623-9                               | 1 экз. в библиотеке КНИТУ                                                                                                           |
| Геллер, В.М. Специальные главы физики: генераторы низкотемпературной плазмы [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Хрусталева, С.А. Чипурнов, В.М. Геллер .— Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2008 .— 36 с. — ISBN 978-5-7782-1059-2 .— Режим доступа: <a href="https://lib.rucont.ru/efd/2061910">https://lib.rucont.ru/efd/2061910</a> | ЭБС «РУКОНТ» <a href="https://rucont.ru">https://rucont.ru</a> доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ |

### **11.2 Дополнительная литература**

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

| <b>Дополнительные источники информации</b> | <b>Кол-во экз.</b> |
|--------------------------------------------|--------------------|
|--------------------------------------------|--------------------|

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Елисеев, А.А. Функциональные наноматериалы : учебное пособие / А.А. Елисеев, А.В. Лукашин. – Москва : Физматлит, 2010. – 454 с. URL: <a href="http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68876">http://biblioclub.ru/index.php?page=book&amp;id=68876</a> – ISBN 978-5-9221-1120-1. – Текст : электронный. | ЭБС «Университетская библиотека online»<br><a href="http://biblioclub.ru">http://biblioclub.ru</a><br>доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ |
| Абдуллин И.Ш. Влияние потока высокочастотной плазмы пониженного давления на формовочную способность текстильных материалов из шерстяных и синтетических волокон И.Ш.Абдуллин, В.В. Хамматова, Е.В. Кумпан, К.Э. Разумеев.-Казань: Изд-во Казан.ун-та, 2008 с. – 135.ISBN 978-5-7882-0668-4                      | 5 экз. в УНИЦ                                                                                                                                                              |
| ГОСТ 9.305-84. Покрытия металлические и неметаллические, неорганические. Операции технологических процессов получения покрытий.                                                                                                                                                                                 | <a href="http://docs.cntd.ru/document/1200007401">docs.cntd.ru/document/1200007401</a><br>доступ свободный                                                                 |

### 10.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины в качестве электронных источников информации, рекомендуется использовать следующие источники:

Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>

ЭБС «Университетская библиотека online» - Режим доступа <http://biblioclub.ru>

Химическая энциклопедия – Режим доступа - <http://www.chemport.ru/>

ЭБС «Лань» - Режим доступа <http://e.lanbook.com/>

Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации <http://docs.cntd.ru/>

**Согласовано:**

Зав.сектором ОКУФ



### 11.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

1. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. – доступ свободный <http://docs.cntd.ru/>

## **12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).**

В качестве материально-технического обеспечения должны использоваться мультимедийные средства; исследовательское оборудование, химическая лаборатория.

Учебные аудитории для проведения учебных занятий по дисциплине «Технологические основы и устройства для получения наноматериалов» оснащены оборудованием:

- 1) Лабораторное оборудование – не требуется
- 2) Технические средства обучения: Проектор Epson; Экран; Широкоформатный телевизор с возможностью демонстрации презентаций и обучающих фильмов, ноутбук Samsung RV513-S03 RV; Принтер HP LJ Pro, Wi-Fi роутер с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационную среду КНИТУ.
- 3) Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Технологические основы и устройства для получения наноматериалов»:

Прикладное ПО: Справочная система нормативно-технической информации «Техэксперт» (Договор с Пользователем ИСС №165-Д-6831/17 от 28.12.2017), Справочная правовая система «Консультант Плюс» (Договор №17/2028/Б от 28.04.2017), Автоматизированная библиотечно-информационная система (АБИС) «Руслан» (Договор №01-12/2017 от 18.12.2017)/

Графика и дизайн Corel DRAW Graphics Suite X7 от 18.12.2014 E-14/18

Офисные и деловые программы ABBYY FineReader 9.0 проф от 19.11.2008 № AF90-3S1V01-102

Офисные и деловые программы MS Office 2007 Professional Russian от 16.10.2008 лицензия № 44684779

## **13. Образовательные технологии**

При изучении дисциплины «Технологические основы и устройства для получения наноматериалов» используются следующие образовательные технологии:

- Модульно – рейтинговая технология с укрупнением блоков теоретического материала;
- Диалоговые технологии (устные опросы, опрос «вопрос- ответ»);
- Компьютерные технологии (Защита реферата с презентацией).

Учебным планом предусмотрено проведение 36 часов практических работ по данной дисциплине в интерактивной форме.

Используется формат круглого стола, в ходе дискуссии выявляется общий уровень знаний студентов как по конкретной тематике, так и в целом. Такие дискуссии позволяют закрепить полученные знания, в свободной форме сформировать мнение студентов об изучаемой дисциплине, ее перспективах и подготовить их к будущей деятельности. Темы дискуссий:

*Устройства для получения наноструктурированных элементов. Обзор и обсуждение конструкторских решений.*

*Правила составления бизнес-планов. Составление бизнес-плана по получению наноструктурированных материалов*

*Методика конструирования. Конструктивная преемственность.*

Также при изучении данной дисциплины в рамках практических работ используется «метод проектов» – выполнение индивидуального или группового проекта по какой – либо теме.

В данном методе учащиеся самостоятельно приобретают недостающие знания из разных источников; учатся пользоваться приобретенными знаниями для решения познавательных и практических задач; приобретают коммуникативные умения, работая в различных группах; развивают исследовательские умения (умения выявления проблем, сбора информации, наблюдения, проведения эксперимента, анализа, построения гипотез, общения); развивают системное мышление.

Группе выдается задание, состоящее из нескольких частей, студенты делятся на подгруппы по предпочтениям и выполняют малые задания, затем объединяя их в единое целое.