

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет

(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО  
решением ученого совета ННГУ  
протокол от  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_

**Рабочая программа дисциплины**

**ВВЕДЕНИЕ В ХИМИЮ НАНОМАТЕРИАЛОВ**

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

**магистратура**

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

**18.04.01 «Химическая технология»**

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

**Химическая технология и материаловедение**

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

**очная**

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижний Новгород

2022 год

## Лист актуализации

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2022-2023 учебном году на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2023-2024 учебном году на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2024-2025 учебном году на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

---

---

### Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

Председатель МК

\_\_\_ 20\_\_ г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для  
исполнения в 2025-2026 учебном году на заседании кафедры

\_\_\_\_\_  
Протокол от \_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Введение в химию наноматериалов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 ОПОП по направлению подготовки 04.04.01 «Химия» (Б1.В.03.ДВ.01.02), является обязательной для освоения студентами очной и очно-заочной формы обучения на первом году обучения во втором семестре.

Для освоения дисциплины студенты используют знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин «Химическая технология», «Физические методы исследования», «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Физика». Дисциплина «Введение в химию наноматериалов» является основой для изучения таких областей знания как материаловедение, наноэлектроника, медицина, биология. Освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее при дальнейшей практической деятельности в рамках выполнения квалификационных работ.

Курс отвечает основным требованиям в плане решения задачи по совершенствованию обучения в высшей школе. Этот курс дает широкие знания фундаментальных положений науки, которые необходимы как для непосредственной работы по специальности, так и для понимания главных направлений химической науки и ее развития.

**Целями освоения дисциплины «Введение в химию наноматериалов» являются:**

- системное освоение основных теоретических положений нанохимии на современном уровне развития науки, экспериментальной техники и достижений промышленного производства;
- приобретение практических навыков проведения исследований в области нанотехнологии как фундаментальной науки.

**Задачи дисциплины:**

- изучение взаимосвязи между строением и свойствами веществ для решения теоретических и практических задач по созданию новых материалов;
- изучение свойств наноматериалов и методов их получения;
- формирование теоретических представлений о строении наноматериалов и методов исследования.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции |                                     | Наименование оценочного средства |
|---|---|-------------------------------------|----------------------------------|
|   | Индикатор достижения компетенции* (код, содержание индикатора)  | Результаты обучения по дисциплине** |                                  |

|  |   |   |   |
|--|---|---|---|
| <p><b>ПК-1-н.</b></p> <p>Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области органической и медицинской химии и/или смежных с химией наук</p>                                | <p><b>ПК-1-н-2.</b></p> <p>Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов</p> | <p><i>Владеть методами решения экспериментальных задач химии наноматериалов</i></p> <p><i>Уметь применять математические модели для обработки результатов изучения свойств процессов</i></p> <p><i>Знать расчетно-теоретические способы решения задач в области химии наноматериалов</i></p>  | <p>Собеседование, контрольная работа, экзамен</p> |
| <p><b>ПК-2-н.</b></p> <p>Способен проводить информационные исследования в области органической и медицинской химии и/или смежных с химией наук.</p>  | <p><b>ПК-2-н-1.</b></p> <p>Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных</p>   | <p><i>Владеть навыками поиска информации по заданным критериям состава и свойств исследуемых материалов</i></p> <p><i>Уметь отсеивать ценную информацию из общего потока</i></p> <p><i>Знать о главных задачах и объектах исследования нанохимии как науки, ее междисциплинарных связях; о составе, строении и свойствах наноматериалов; о принципах и приемах синтеза наноматериалов; о методах исследования наноматериалов</i></p>  | <p>Собеседование, контрольная работа, экзамен</p> |
| <p><b>ПК-3-н.</b></p> <p>Способен на основе критического анализа результатов НИР оценивать перспективы их практического применения и продолжения работ в области органической и медицинской химии и/или смежных с химией наук.</p> | <p><b>ПК-3-н-1.</b></p> <p>Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными</p>                                     | <p><i>Владеть навыками прогнозирования физических и химических свойств наноматериалов, определения физико-химических характеристик наноматериалов</i></p> <p><i>Уметь систематизировать информацию, полученную в ходе исследования наноматериалов, анализировать ее и сопоставляет с литературными данными</i></p> <p><i>Знать методики моделирования в современных синтезах с использованием концепции «структура-свойства».</i></p> | <p>Собеседование, контрольная работа, экзамен</p> |
|  | <p><b>ПК-3-н-2.</b></p> <p>Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных</p>  | <p><i>Владеть навыками планирования дальнейшего направления работы</i></p> <p><i>Уметь прогнозировать физические, химические и спектральные свойства наноматериалов, на их основе определять перспективы их практического применения</i></p> <p><i>Знать основные актуальные направления применения различных групп материалов</i></p>  |   |

|  |             |  |  |
|--|-------------|--|--|
|  | результатов |  |  |
|--|-------------|--|--|

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

|  | очная форма<br>обучения | очно-заочная<br>форма<br>обучения |
|--|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>Общая трудоемкость</b>                          | <b>4</b>                | <b>4</b>                          |
| <b>Часов по учебному плану</b>                     | <b>144</b>              | <b>144</b>                        |
| <b>в том числе</b>                                 |                         |                                   |
| <b>аудиторные занятия (контактная<br/>работа):</b> |                         |                                   |
| - занятия лекционного типа                         | 36                      | 18                                |
| - занятия семинарского типа                        | 38                      | 20                                |
| <b>самостоятельная работа</b>                      | <b>34</b>               | <b>70</b>                         |
| <b>Промежуточная аттестация –<br/>экзамен</b>      | <b>36</b>               | <b>36</b>                         |

#### 3.2. Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины                                     | Всего (часы) |              | в том числе  |              |                           |              |       |              |   |              |
|---|--------------|--------------|--|--------------|---------------------------|--------------|-------|--------------|---|--------------|
|   |              |              | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них |              |                           |              |       |              | Самостоятельная работа обучающегося, часы |              |
|   |              |              | Занятия лекционного типа   |              | Занятия семинарского типа |              | Всего |              |   |              |
|   | Очная        | Очно-заочная | Очная  | Очно-заочная | Очная                     | Очно-заочная | Очная | Очно-заочная | Очная                                     | Очно-заочная |
| Введение. Этапы развития нанотехнологий. Основные типы нанообъектов и наносистемы на их основе. | 25           | 26           | 8  | 4            | 9                         | 5            | 17    | 9            | 8   | 17           |

|   |     |     |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Методы синтеза нанокристаллических порошков. Получение нанокристаллических материалов.  | 29  | 26  | 10 | 4  | 11 | 5  | 21 | 9  | 8  | 17 |
| Свойства изолированных наночастиц и нанокристаллических порошков. Размерные эффекты в физико-химических свойствах материалов.       | 27  | 28  | 9  | 5  | 9  | 5  | 18 | 10 | 9  | 18 |
| Методы исследование наноструктур (наноматериалов). Микроскопические методы (методы визуализации). Физико-химические методы анализа. | 27  | 28  | 9  | 5  | 9  | 5  | 18 | 10 | 9  | 18 |
| <b>Итого</b>  | 108 | 108 | 36 | 18 | 38 | 20 | 74 | 38 | 34 | 70 |

Текущий контроль успеваемости реализуется в форме вопросов и заданий на семинарских занятиях и выполнении контрольной работы. Промежуточный контроль осуществляется при проведении экзамена.

Промежуточная аттестация проходит в виде комплексного экзамена в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой). Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ

Содержание разделов дисциплины:

1. Введение. Этапы развития нанотехнологий. Основные типы нанообъектов и наносистемы на их основе.

Этапы развития нанотехнологий. Применение нанотехнологии в сферах человеческой деятельности и промышленного производства. Производство материалов. Нанозлектроника и вычислительная техника. Медицина и здравоохранение. Аэронавтика и космические исследования. Окружающая среда и энергетика. Проблемы национальной безопасности. Наука и образование. Кластеры. Объединенная классификация объектов нанохимии. Квантовые точки, квантовые нити (проволоки), квантовые ямы. Основные типы нанообъектов и наносистемы на их основе. Фуллерены. Структурные свойства фуллеренов. Фуллериты. Эндодральные соединения. «Неклассические» эндофуллерены. Углеродные нанотрубки. Структура нанотрубок. Хиральность. Индексы хиральности. Классификация нанотрубок.

Многослойные нанотрубки. Объекты супрамолекулярной химии. Кукурбитурил. Неорганические наноматериалы. Вискеры и их свойства. Манганиты – соединения с эффектом гигантского магнетосопротивления. Высокотемпературные сверхпроводники. Эффект Мейснера. Фотонный кристалл. Классификация фотонных кристаллов. «Суперлинзы». Биокерамика. Алмазоиды. Адамантан (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>), диамантан (C<sub>14</sub>H<sub>20</sub>) и триамантан (C<sub>18</sub>H<sub>24</sub>). Наноробот, выполненный из алмазоида. Газовые гидраты (клатраты). Кристаллические модификации газогидратов. Кластеры в газах.

2. Методы синтеза нанокристаллических порошков. Получение нанокристаллических материалов.

Методы синтеза нанокристаллических порошков. Газофазный синтез (конденсация паров). Основными закономерностями образования нанокристаллических частиц методом испарения и конденсации. Плазмохимический синтез. Основными условиями получения высокодисперсных порошков плазмохимическим методом. Плазмотрон. Лазерная абляция. Осаждение из коллоидных растворов. Схема криохимической технологии. Темплатный синтез мезопористого SiO<sub>2</sub>. Схема синтеза мезопористого оксида кремния. Термическое разложение и восстановление. Схема установки каталитического пиролиза углеводородов. Механосинтез. Механосинтез с помощью АСМ. Детонационный синтез и электровзрыв. Схема синтеза наночастиц с помощью электровзрыва. Получение нанокристаллических материалов. Компактирование порошков. Динамические параметры магнитно-импульсного прессования нанокристаллического оксида Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Магнитно- импульсный метод прессования. Осаждение на подложку. Эпитаксия. Типы эпитаксии. Молекулярно-пучковая эпитаксия (МПЭ) или молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ). Технология молекулярно-лучевой эпитаксии. Преимущества и недостатки метода. Газофазная эпитаксия. Основные методы получения эпитаксиальных плёнок кремния. Эпитаксия из жидкой фазы. Топохимия. CVD-процесс (классификация по давлению, Классификация по физическим характеристикам пара). Плазменные методы. Напыление конденсацией из паровой (газовой) фазы (PVD). Схема PVD процесса. Кристаллизация аморфных сплавов. Спин-нингование. Интенсивная пластическая деформация. интенсивная пластическая деформация кручением под высоким давлением. Интенсивная пластическая деформация равнонаправленно-угловым прессованием. Литография. Схема процесса фотолитографии.

3. Свойства изолированных наночастиц и нанокристаллических порошков. Размерные эффекты в физико-химических свойствах материалов.

Термодинамическое равновесие. Механическое равновесие. Виды равновесия. Условие механического равновесия наночастицы. Формула Лапласа. Условие материального равновесия наночастицы с окружающей средой. Гибридный термодинамический потенциал. Структурные и фазовые превращения. Причины изменения периода решетки малых частиц по сравнению с массивным веществом. Фриделевские осцилляции. Фононный спектр и теплоемкость. Магнитные свойства. Магнитная восприимчивость. Парамагнетизм Паули. Закон Кюри — Вейса. Аномалии магнитной восприимчивости наночастиц. Суперпарамагнитное состояние. Коэрцитивная сила. Магнитно-жесткие (высококоэрцитивные) материалы. Магнитно-мягкие материалы. Функция Ланжевена. Точка Кюри. Оптические свойства. Рассеяние и поглощение света наночастицами по сравнению с макроскопическим твердым телом. Теория Ми. Экситон — водородоподобная квазичастица,

представляющая собой электронное возбуждение в диэлектрике или полупроводнике, мигрирующее по кристаллу и не связанное с переносом электрического заряда и массы. Микроструктура компактных нанокристаллических материалов. Границы раздела в компактированных наноматериалах. Особенности структуры субмикроструктурных металлов. Влияние размера зерен и границ раздела на свойства компактных наноматериалов. Аномалии механического поведения. Закону Холла-Петча. Метод Вика. Твёрдость. Методы измерения твёрдости. Методы измерения твёрдости. Прочность. Классификация прочности. Теплофизические и электрические свойства. Магнитные свойства. Капиллярные явления. Зависимость давления пара от кривизны поверхности жидкости. Капиллярная конденсация. Зависимость растворимости от кривизны поверхности растворяющихся частиц (закон Гиббса - Оствальда - Фрейндлиха).

4. Методы исследования наноструктур (наноматериалов). Микроскопические методы (методы визуализации). Физико-химические методы анализа.

Методы визуализации микроструктуры материалов. Оптическая микроскопия (ОМ). Электронный микроскоп. Растровая электронная микроскопия (РЭМ). Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ). Методы сканирующей зондовой микроскопии. Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Электросиловая микроскопия. Магнитно-силовая микроскопия. Ближнепольная оптическая микроскопия. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов. Уравнение обратного пьезоэффекта. Трёхкоординатные сканеры. Нелинейность пьезокерамики. Крип пьезокерамики. Гистерезис пьезокерамики. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца. Шаговые электродвигатели. Формирование и обработка СЗМ изображений. Формула Фаулера-Нордгейма. Зонды для туннельных микроскопов. Измерение вольт-амперных характеристик туннельного контакта. Потенциал Леннарда-Джонса. Зондовые датчики атомно-силовых микроскопов. Кантилевер. Зависимость силы от расстояния между зондовым датчиком и образцом. Квазистатические методики МСМ. Субволновые диафрагмы. Зонды БОМ на основе оптического волокна. "Shear-force" метод контроля расстояния зонд-поверхность в ближнепольном оптическом микроскопе. Конфигурации БОМ.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа студентов включает работу в читальном зале библиотеки, в учебных кабинетах (лабораториях) и в домашних условиях, с доступом к ресурсам Интернет для подготовки к собеседованию и контрольным работам.

К формам текущего контроля успеваемости дисциплины относится следующее:

- Собеседование
- Контрольная работа

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины проходит в форме **экзамена**.

К экзамену во 2-ом семестре очной и очно-заочной формы обучения допускаются все обучающиеся, выполнившие контрольную работу.

Вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 6.2.



**5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:**

**5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине**

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций  |  |   |   |  |  |   |
|--|--|--|---|---|--|--|---|
|  | плохо  | неудовлетворительно  | удовлетворительно   | хорошо  | очень хорошо   | отлично  | превосходно   |
|  | Не зачтено   |  | зачтено   |   |  |  |   |
| <u>Знания</u>  | Отсутствие знаний теоретического материала.<br><br>Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки.                                 | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок.   | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок   | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько незначительных ошибок                                | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок.   | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.  |
| <u>Умения</u>  | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа                     | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения.<br><br>Имели место грубые ошибки. | Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Продemonстрированы все основные умения, решены все основные задачи с отдельными незначительными недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Продemonстрированы все основные умения,. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u>  | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа                   | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки.<br><br>Имели место грубые ошибки.  | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами                                       | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами   | Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов.  | Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов.  | Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач   |

При изучении дисциплины «Введение в химию наноматериалов» студенты получают следующие знания, умения и владения в рамках освоения компетенций **ПК-1-н, ПК-2-н, ПК-3-н**:

**ПК-1-н-2.** Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов.

**ПК-2-н-1.** Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных.

**ПК-3-н-1.** Систематизирует информацию, полученную в ходе НИР, анализирует ее и сопоставляет с литературными данными.

**ПК-3-н-2.** Определяет возможные направления развития работ и перспективы практического применения полученных результатов.

Промежуточный контроль качества усвоения студентами содержания дисциплины проводится в виде комплексного экзамена, на котором определяется:

- уровень усвоения студентами основного учебного материала по дисциплине;
- уровень понимания студентами изученного материала.

Экзамен во 2 семестре для очной и очно-заочной формы обучения и проводится в устной форме в виде ответа обучающегося на теоретические вопросы курса (с предварительной подготовкой) и последующим собеседованием в рамках тематики курса. Собеседование проводится в форме вопросов, на которые студент должен дать краткий ответ.

Для проведения промежуточного контроля сформированности компетенции используется ответ по билету на экзамене.

#### Шкала оценки при промежуточной аттестации

| Оценка  |                   | Уровень подготовки   |
|---------|-------------------|--|
| зачтено | Превосходно       | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»   |
|         | Отлично           | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»           |
|         | Очень хорошо      | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» |
|         | Хорошо            | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»             |
|         | Удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не  |

|               |                     |   |
|---------------|---------------------|---|
|               |                     | ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»                          |
| не<br>зачтено | Неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо» |
|               | Плохо               | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»   |

## 6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения.

### 6.2.1 Контрольные вопросы

| <i>вопросы</i>   | <i>Код формируемой компетенции</i> |
|--|------------------------------------|
| <p>1. Понятие нанотехнологии. Применение нанотехнологии в сферах человеческой деятельности и промышленного производства. Классификация объектов нанохимии.</p> <p>2. Фуллерены. Эндоэдральные соединения. Углеродные нанотрубки. Индексы хиральности. Объекты супрамолекулярной химии (супермолекулы, супрамолекулярные ансамбли).</p> <p>3. Неорганические наноматериалы (вискеры, манганиты для спинтроники, высокотемпературные сверхпроводники).</p> <p>4. Неорганические наноматериалы (фотонные кристаллы, биокерамика, алмазоиды, дендримеры).</p> <p>5. Газовые гидраты (клатраты). Кластеры в газах.</p> <p>6. Методы исследования нанообъектов. Методы сканирующей зондовой микроскопии. Сканирующая туннельная микроскопия.</p> <p>7. Методы исследования нанообъектов. Атомно-силовая микроскопия. Электросиловая микроскопия. Магнитно-силовая микроскопия.</p> <p>8. Методы исследования нанообъектов. Ближнепольная оптическая микроскопия. Электронная микроскопия. Просвечивающая электронная микроскопия. Растровая электронная микроскопия.</p> | <b>ПК-1-н</b>                      |
| <p>1. Методы синтеза нанокристаллических порошков. Газофазный синтез (конденсация паров). Плазмохимический синтез (лазерная абляция). Осаждение из коллоидных растворов (реакции в мицеллах, эмульсиях и дендримерах, нанореакторы, криохимический синтез, золь-гель – технология).</p> <p>2. Методы синтеза нанокристаллических порошков. Термическое разложение и восстановление (пиролиз). Механосинтез. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез.</p> <p>3. Детонационный синтез и электровзрыв. Упорядочение нестехиометрических соединений. Получение компактных нанокристаллических материалов. Компактирование порошков. Осаждение на подложку (эпитаксия, CVD и PVD).</p> <p>4. Получение компактных нанокристаллических материалов. Кристаллизация аморфных сплавов. Интенсивная пластическая деформация. Литография.</p>   | <b>ПК-2-н</b>                      |

|   |  |
|---|--|
| <p>5. Влияние размерных эффектов на структурные и физико-химические свойства материалов. Структурные и фазовые превращения. Изменение параметров решетки. Термодинамические свойства.</p> <p>6. Влияние размерных эффектов на структурные и физико-химические свойства материалов. Оптические свойства. Теория Ми. Электрофизические свойства.</p> <p>7. Влияние размерных эффектов на структурные и физико-химические свойства материалов. Классы наноструктурированных материалов. Механические свойства. Закон Холла-Петча. Методы изучения твердости. Магнитные свойства. Коэрцитивная сила.</p> <p>8. Достижения нанотехнологий.</p> |  |
|---|--|

### 6.2.2. Типовые задания/задачи для оценки сформированности компетенции

#### **Примерные вопросы (контрольная работа) для оценки сформированности знаний компетенции ПК-3-н:**

1. Оцените число атомов в наночастице золота диаметром 3 нм. Какая доля (в %) атомов золота находится на поверхности наночастицы Au? Радиус атома Au составляет 0,144 нм.

2. Если бы в наномире в футбол играли бакминстерфуллереном, то с какого расстояния пробивался бы пенальти? Длина окружности футбольного мяча – 70 см, диаметр молекулы фуллерена – 0,7 нм.

3. Что такое энтальпия образования одностенной углеродной нанотрубки  $\Delta_f H^\circ(\text{ОТ})$ ?

Напишите уравнение реакции, энтальпия которой равна  $\Delta_f H^\circ(\text{ОТ})$ .

Какой знак будет иметь эта величина, положительный или отрицательный?

Предложите по возможности наиболее простой экспериментальный метод определения  $\Delta_f H^\circ$  углеродной нанотрубки.

4. Кластеры металлов создаются путем последовательной упаковки слоев или оболочек атомов металла вокруг центрального атома. Кластеры с законченной, регулярной внешней геометрией называют «магическими», или кластерами с заполненной оболочкой. Докажите, что общее число атомов металла  $y$ , содержащееся в  $n$ -ой оболочке, равно:

$$y = 10n^2 + 2 \quad (n = 1, 2, 3, \dots)$$

5. Задача посвящена синтезу супрамолекулярного фотохимического сенсора.

Азакраун-эфир А и В имеют разные константы устойчивости с ионами  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Cs}^+$  (см. таблицу).

- а) К разбавленному раствору вещества А добавили эквивалентное количество ацетата щелочного металла. После добавления какого из ацетатов интенсивность флуоресценции будет максимальной?

- а) Ацетат натрия;
- б) ацетат калия;
- в) ацетат цезия;
- г) ацетаты всех металлов вызывают одинаковую флуоресценцию.

б) К разбавленным растворам веществ А и В добавили эквивалентные количества ацетата калия. Для какого из веществ интенсивность флуоресценции будет после этого максимальной?

6. В искусственных фотосинтетических устройствах роль фотоантенн играют супермолекулы-дендримеры, имеющие иерархическую структуру. Рассмотрим один из классов дендримеров. Молекулы этого класса состоят из одного реакционного центра (РЦ) и некоторого количества пигментов, причем РЦ соединен с двумя пигментами, а каждый пигмент (кроме внешних) – с тремя соседями (рисунок).

а) Сколько пигментов включает дендример  $n$ -го поколения?

б) При миграции энергии от пигментов к РЦ часть энергии теряется. Эффективность фотоантенны определяется долей энергии, дошедшей от исходного возбужденного пигмента до РЦ. Пусть доля энергии, которая передается на каждом шаге, равна  $p$ . Рассчитайте среднюю эффективность дендримера  $n$ -го поколения, считая, что все маршруты миграции энергии равновероятны.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Князев А.В., Кузнецова Н.Ю. Нанохимия. Электронное учебное пособие. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. – 102 с. [http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/2010/Knyazev\\_Kuznetsova.pdf](http://www.unn.ru/pages/e-library/methodmaterial/2010/Knyazev_Kuznetsova.pdf)
2. Рогов, В. А. Технология конструкционных материалов. Нанотехнологии : учебник для вузов / В. А. Рогов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 190 с. — (Авторский учебник). — ISBN 978-5-534-00528-8. <https://biblio-online.ru/book/D01BA5DD-AA3D-49CF-A067-C6351CB24814>
3. Лаврищева, Е. М. Технология программирования и программная инженерия : учебник для вузов / Е. М. Лаврищева. — М. : Издательство Юрайт, 2017. — 432 с. — (Университеты России). — ISBN 978-5-9916-8275-6. <https://biblio-online.ru/book/DC92DBFC-36FA-4397-B521-4753ABFE25D9>
4. Старосельский, В. И. Физика полупроводниковых приборов микроэлектроники : учебник для академического бакалавриата / В. И. Старосельский. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 463 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-0808-4. <https://biblio-online.ru/book/9A79B4DF-8586-42B6-AF92-B7EB045ED169>

б) дополнительная литература:

1. Рыбалкина М. Нанотехнологии для всех. Большое - в малом. [www.nanonewsnet.ru](http://www.nanonewsnet.ru)

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины)

<https://hi-news.ru/tag/nanotexnologii>

<http://elementy.ru/nauchno->

[populyarnaya\\_biblioteka/431265/Nanotekhnologiya\\_nanonauka\\_i\\_nanoobekty\\_chno\\_znachit\\_nano](http://populyarnaya_biblioteka/431265/Nanotekhnologiya_nanonauka_i_nanoobekty_chno_znachit_nano)

<http://transhumanism-russia.ru/content/view/17/20/>

г) рекомендуемая литература

1. Сергеев Г.Б. Нанохимия: учебное пособие. – М.: КДУ, 2007.

2. Гусев А.И., Ремпель А.А. Нанокристаллические материалы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001.

3. Нанотехнология в ближайшем десятилетии. Прогноз направления исследований./ Под ред. М.К. Роко, Р.С. Уильямса, П. Аливисатоса. – М.: Мир, 2002.

4. Еремин В.В. Нанохимия и нанотехнология. – Педагогический университет «Первое сентября», 2009.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой также предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Помещения представляют собой учебные аудитории (лекционные с вместимостью 200 человек и семинарские с вместимостью 40 человек) для проведения учебных занятий, предусмотренных программой. Лекционные аудитории (308 корп. 5, 328 корп. 2) оснащены оборудованием и техническими средствами обучения: переносным мультимедийным проектором, ноутбуком и выходом в сеть Интернет, доской и мелом (для разбора частных вопросов и детализации теоретических аспектов дисциплины, а также решения практических

задач). Аудитория для проведения семинарских занятий (140 корп. 2) также оснащена необходимым оборудованием: стационарным мультимедийным проектором, ноутбуком с выходом в сеть Интернет, доской и мелом.

| <b>Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы</b>             | <b>Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>  | <b>Перечень лицензионного программного обеспечения.<br/>Реквизиты подтверждающего документа</b>   |
|---|---|---|
| Помещение для самостоятельной работы пр. Гагарина, 23, корп. 5, ауд.308                       | Комплект специализированной мебели, персональные компьютеры , имеется выход в интернет  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows Professional 10, Лицензия № 67001233, дата выдачи 09.06.2016 г.</li> <li>• Microsoft Office MS Office Standard 2013; серверная лицензия MS SQL Server Лицензия № 65097676, дата выдачи 23.04.2015 г.</li> </ul>                  |
| Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа пр. Гагарина, 23, корп. 5, ауд.308  | Комплект специализированной мебели; технические средства: переносной проекционный экран DRAPER DIPLOMAT 60x60 MW BlackCase, мультимедийный проектор BenQ MP-512 DLP, ноутбук Acer Extensa 5620Z T2390                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic Open No Level, Лицензия № 15988873, дата выдачи 15.01.2003 г.</li> <li>• Microsoft Office 2007 Russian Academic Open No Level Лицензия № 43178981, дата выдачи 12.12.2007 г.</li> </ul> |
| Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа пр. Гагарина, 23, корп. 2, ауд. 140 | Комплект специализированной мебели; технические средства: мультимедийный проектор Benq MP610, ноутбук Acer Aspire 5315-301G08 , переносной проекционный экран DRAPER DIPLOMAT 60x60 MW BlackCase имеется выход в интернет | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Microsoft Windows XP Professional Russian Upgrade Academic Open No Level, Лицензия № 15988873, дата выдачи 15.01.2003 г.</li> <li>• Microsoft Office 2007 Russian Academic Open No Level Лицензия № 43178981, дата выдачи 12.12.2007 г.</li> </ul> |

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду (205 корп. 1).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО по направлению подготовки 04.04.01 «Химия».

Автор (ы)

д.х.н., проф. \_\_\_\_\_ А.В. Князев

к.х.н. \_\_\_\_\_ А.С. Шипилова

Рецензент (ы)

к.х.н. с.н.с. ФГУП "ФНПЦ

НИИИС им. Ю.Е. Седакова" \_\_\_\_\_ А.А. Сазонов

Заведующий кафедрой,

д.х.н., проф. \_\_\_\_\_ А.В. Князев

Программа одобрена на заседании методической комиссии химического факультета

от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года, протокол № \_\_\_\_\_