###### Санкт-Петербургский политехнический университет петра великого

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | УТВЕРЖДАЮ  Директор *институт-разработчик*  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.А. Попович  "\_\_\_\_" \_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_ г. |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Нанотехнологии и наноматериалы (электронная техника и химические науки)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Кафедра-разработчик | | Физико-химии и технологии микросистемной техники |
| Направление (специальность) подготовки | | |
| 28.06.01 Нанотехнологии и наноматериалы  *Код и наименование* | | |
| Наименование ООП | | |
| a28.06.01\_01 Нанотехнологии и наноматериалы (по отраслям)  *Код и наименование* | | |
|  | | |
| Квалификация (степень) выпускника | исследователь, преподаватель-исследователь | |
| Образовательный стандарт | ФГОС | |
| Форма обучения | очная | |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | Соответствует ФГОС ВО  Утверждена  протоколом заседания кафедры  № \_\_\_\_ от \_\_\_.\_\_\_\_.20\_\_\_\_ |

Программу разработал:

зав.каф.ФХиТМТ, проф., д.х.н. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Александров С.Е.

**1.Цели, задачи и результаты изучения дисциплины**

**Цель –**формирование знаний в области химии и технологии наноматериалов, включая знания, умения, навыки и социально-личностные качества, обеспечивающие успешность научно-педагогической деятельности.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

1. Изучение основных принципов и методов разработки процессов нанотехнологии и процессов получения и исследования наноматериалов.

2. Формирование умений в области правильного выбора и обоснования химических и технологических процессов в области разработки, производства и применения наноматериалов и наноструктур в электронной технике и смежных областях.

3. Владение основными подходами к разработке процессов получения и исследования наноматериалов, позволяющими получать экспериментальные и теоретические результаты при решении конкретных фундаментальных и прикладных задач в области наноматериалов и наноструктур в электронной технике и смежных отраслях, на стадии постановки и планирования научно-исследовательских работ.

4. Получение практических навыков работы с литературными источниками по теме курса.

**Результаты обучения (компетенции) выпускника ООП**, на формирование которых ориентировано изучение дисциплины «Нанотехнологии и наноматериалы» (в соответствии с ФГОС ВО)

|  |  |
| --- | --- |
| **Код** | **Результат обучения (компетенция) выпускника ООП** |
| ОПК-1 | владеть научно обоснованной методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности |
| ОПК-2 | владеть культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий |
| ОПК-3 | способность к разработке и использованию современных методов научного исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности |
| ПК-3 | способность самостоятельно использовать современные ИКТ, глобальных информационных ресурсов в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области наноматериалов и нанотехнологий |
| ПК-4 | способность понимать и самостоятельно использовать знания фундаментальных дисциплин, методики исследований наноматериалов и наносистем для создания инновационных технологий и управления их качеством |
| ПК-5 | способность применять на практике навыки комплектного подхода к исследованию наноматерипалов и нанотехнологий |
| ПК-6 | способность и готовность применять на практике навыки сбора данных, изучения, анализа, обобщения НТИ по тематике исследования, разработка и использование технической документации основных нормативных документов |
| ПК-7 | способность применять углубленные знания основных типов наноматериалов и наносистем, владение навыками самостоятельного выбора наноматериалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований |
| ПК-8 | способность самостоятельно использовать технические средства для измерения и контроля основных параметров технологических процессов, структуры и свойств наноматериалов и наносистем, изделий на их основе |
| ПК-9 | способность планировать и реализовывать исследования и разработки |
| ПК-10 | способность самостоятельно планировать технологический процесс производства наноматериалов, изделий на их основе с использованием современных наборов прикладных программ и компьютерной графики, БД и др |
| ПК-11 | способность к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов в области наноиндустрии |
| ПК-12 | способность использовать технологические процессы и операции с учетом их назначения и способов реализации, нормативные и методические материалы по технологической подготовке производства, качеству, стандартизации процессов |

**Планируемые результаты изучения дисциплины**, обеспечивающие достижениецели изучения дисциплины «Нанотехнологии и наноматериалы» и её вклад в формирование результатов обучения (компетенций) выпускника ООП (при разработке раздела использован раздел 6 ФГОС ВО):

**знание**

* основных закономерностей процессов, применяемых при получении наночастиц, наноматериалов и нанокомпозитов;
* основных типовнаноматериалов и наноструктур, методов их получения и области применения;
* основных физико-химических закономерностей процессов при получении наноматериалов и наноструктур в объеме, необходимом для их применения при решении конкретных прикладных задач;

**умение**

* находить в литературе и анализировать преимущества и недостатки технологических процессов при получении наноматериалов;
* находить технические решения при разработке технологических процессов производства наноматериалов и наноструктур;
* обобщать полученные результаты на основе закономерностей влияния технологии получения и обработки наноматериалов на их структуру;

**владение**

* навыками разработки технологии и оборудования для получения наноструктурных металлических, керамических, композиционных материалов, в том числе, с наноструктурыми поверхностными функциональными слоями и покрытиями, обладающих широким спектром функциональных свойств.

**2.** М**есто дисциплины в структуре ООП**

Дисциплину «Нанотехнологии и наноматериалы» аспиранты изучают на 4 году обучения в первом семестре.

Изучение дисциплины опирается на знания в области физической химии, физики твердого тела, коллоидной химии и химии поверхностных явлений, освоенные на предшествующих этапах обучения.

Результаты изучения дисциплины используются при изучении следующих дисциплин:физико-химические основы методов получения наноматериалов, методы получения наноразмерных структур, физико-химия наноразмерных объектов, методы диагностики и исследования наноматериалов.

Кроме того, результаты изучения дисциплины используются при подготовке выпускной квалификационной работы.

**3. Распределение трудоёмкости освоения дисциплины по видам учебной работы и формы текущего контроля и промежуточной аттестации**

**3.1. Виды учебной работы**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Виды учебной работы | Трудоёмкость по семестрам, ач | Итого, ач |
| 7-й сем |  |
| Лекции (Л) |  |  |
| Лабораторные занятия (ЛЗ) |  |  |
| Практические занятия, семинары (ПЗ) |  |  |
| Контроль самостоятельной работы аспирантов (КСР) | 6 | 6 |
| Самостоятельная работа аспирантов[[1]](#footnote-1) (СРА) | 66 | 66 |
| в том числе творческая проблемно-ориентированная самостоятельная работа[[2]](#footnote-2) (ТСРА) |  |  |
| Зачеты (З) (подготовка, сдача) |  |  |
| Общая трудоемкость освоения дисциплины[[3]](#footnote-3) | в академических часах, ач | 72 |
| в зачётных единицах, зет | 2 |

**3.2. Формы текущего контроля и промежуточной аттестации**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Формы текущего контроля  и промежуточной аттестации | Количество по семестрам | Итого |
| 7-й сем. |
| **Текущий контроль** | | |
| Контрольные работы (КРб), шт. |  |  |
| Коллоквиумы (Кк), шт. |  |  |
| Расчетно-графические работы (РГР), шт. |  |  |
| Рефераты (Реф), шт. |  |  |
| Курсовые проекты (КП), шт. |  |  |
| Курсовые работы (КР), шт. |  |  |
| **Промежуточная аттестация** | | |
| Зачеты, (З), шт. | 1 | 1 |
| Экзамены, (Э), шт. |  |  |

**4. Содержание и результаты обучения**

Вклад дисциплины в формирование результатов обучения выпускника (компетенций) и достижение обобщённых результатов обучения (описаны в разделе 1) происходит путём освоения содержания обучения и достижения частных результатов обучения, описанных в данном разделе.

**4.1.Разделы дисциплины и виды учебной работы**

|  | **Разделы дисциплины, мероприятия текущего контроля**[[4]](#footnote-4) | **КСР, ач** | **СРА, ач** |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. | 1. Нанотехнология. | | |
|  | 1.1. Технологические и экспериментальные исследования процессов получения наноматериалов и их обработки. | 0 | 2 |
|  | 1.2. Процессы посредством формирования наноструктур на подложках методами нанолитографии, ионными и атомными пучками, зондовыми методами. | 1 | 5 |
|  | 1.3. Методы модифицирования поверхности материалов, облучением ускоренными частицами, термической и термомеханической обработкой. Методы модифицирования расплавов и получения из них материалов с нанокристаллической структурой. | 0 | 5 |
|  | 1.4. Аморфизация металлов и сплавов и их кристаллизация. Получение наностеклокерамик и стекол с квантовыми точками. Получение нанокристаллических материалов методами интенсивной пластической деформации. | 0 | 6 |
| 2. | 2. Получение наноструктурированных материалов консолидацией нанопорошков. | | |
|  | Технология и оборудование. Прессование с последующим спеканием, горячая экструзия и др. методы. Использование взрывного и магнитно-импульсного прессования. | 1 | 6 |
| 3. | 3.Нанесение функциональных наноструктурированных покрытий на различные материалы и конструкции. | | |
|  | Керамические нанокомпозитные покрытия: методы получения, технология и оборудование. Твердость нанокомпозитных покрытий. | 1 | 7 |
| 4. | 4. Нанокерамики и нанокомпозитные материалы. | | |
|  | 4.1. Процессы получения и технология синтеза порошков наноразмерных простых и сложных оксидов, солей и других соединений, индивидуальных металлов и сплавов и получения из них композитных и керамических материалов. | 0 | 6 |
|  | 4.2. Методы синтеза порошков. Механохимический метод. Получение прекурсоров химическим осаждением. Золь-гель метод. Самораспространяющийся синтез. Аэрозольное распыление. Лазерная абляция. Пламенный, высокотемпературный и плазменный пиролиз. | 1 | 6 |
|  | 4.3. Керамика. Структура керамики. Получение керамики. Процесс формования керамики. Спекание. Спекание и форма зерна. Двухчастичная модель спекания. Сегрегация примесей. Применение керамики и керамических композитов. Требования к исходным материалам для синтеза керамики. Керамические нанокомпозиты. Зависимость свойств керамики от размера зерен. Методы получения керамических композитов. | 1 | 7 |
|  | 4.4. Нанокомпозитные материалы. Нанокомпозитные материалы на основе полимеров. Композиты полимер – наночастицы. Композиты полимер – углеродные нанотрубки. Нанокомпозиты полимер / металл. | 1 | 6 |
|  | Подготовка к зачету, зачет | 0 | 10 |
|  | **Итого по видам учебной работы:** | 6 | 66 |
|  | **Общая трудоёмкость освоения: ач / зет** | 72 / 2 | |

**4.2. Содержание разделов и результаты изучения дисциплины**

| **Разделы дисциплины и их содержание** | **Результаты обучения[[5]](#footnote-5)** |
| --- | --- |
| 1. Нанотехнология. | |
| 1.1. Технологические и экспериментальные исследования процессов получения наноматериалов и их обработки. | *Знания на уровне понятий, определений, описаний, формулировок.*  Знание истории развития методов синтеза наноматериалов; двух основных технологических подходов: диспергационный («сверху–вниз»), конденсационный («снизу–вверх»); методов синтеза нанопорошков: физических, химических; методов получения наноструктурированных материалов. Понятие о самоорганизации. Самоорганизация наноразмерных упорядоченных структур. Роль температурного фактора. Типы упорядоченных структур и их параметры.  *Знания на уровне описаний и выводов.*  Понимание и знание механизмов образования зародышей, механизмов гомогенного и гетерогенного зародышеобразования, формирования кластеров и наночастиц, сложных наноструктур. Физико-математические модели нанообъектов. |
| 1.2. Процессы посредством формирования наноструктур на подложках методами нанолитографии, ионными и атомными пучками, зондовыми методами. | *Знания на уровне понятий, определений, описаний, формулировок.*  Уменьшение размеров элементов методами традиционной планарной технологии за счет разработки, создания и применения экстремальных ультрафиолетовых источников  излучения со сверхкороткой длиной волны (13,5 нм) при процессах литографии. Источники экстремального ультрафиолета. Лазерное излучение: взаимодействие с поверхностью и применение в НТ. Лазерная абляция. Многослойные брэгговские зеркала. Резисты на основе неорганических материалов. ДВУФ-нанолитограф. Нанолитография. Электронная, ионная и рентгеновская литографии.  *Знания на уровне описаний и выводов.*  Лазерное излучение: взаимодействие с поверхностью и применение в НТ. Применение «линзы Кумахова» для нанолитографии. Маски и резисты для разных типов литографии. Сравнительный анализ перспектив ультрафиолетовой, электронной, ионной и рентгеновской литографий. Нанопечатная литография. Понятие о литографически-индуцированной самосборке наноструктур. Ионный синтез наноструктур на поверхности и в объёме полупроводников. Формирование нанокристаллов кремния и германия в диоксиде кремния и полимерных материалах при ионной бомбардировке. Процессы самоорганизации наноструктур при ионном синтезе. Анизотропное распыление поверхности полупроводниковых материалов при воздействии ионных пучков. |
| 1.3. Методы модифицирования поверхности материалов, облучением ускоренными частицами, термической и термомеханической обработкой. Методы модифицирования расплавов и получения из них материалов с нанокристаллической структурой. | *Знания на уровне описаний и выводов.*  Методы и техника получения ультрадисперсных материалов (нанокристаллических и новых структурных модификаций). Структура и свойства ультрадисперсных материалов. Радиационно-пучковые технологии модифицирования.  Лазерная обработка поверхности. Электронно-лучевая обработка материалов. Модифицирование поверхности мощными ионными пучками. |
| 1.4. Аморфизация металлов и сплавов и их кристаллизация. Получение наностеклокерамик и стекол с квантовыми точками. Получение нанокристаллических материалов методами интенсивной пластической деформации. | Методы получения монокристаллов.  *Знания на уровне описаний и выводов.*  Механизм кристаллизации многокомпонентных продуктов из растворов, расплавов и стекол. Проблема роста крупных кристаллов с малой плотностью дислокаций Классы кристаллов и области их применения в технике. Основные способы выращивания кристаллов из газовой фазы, из  раствора, из расплава. Методы, используемые в производстве кристаллов. |
| 2. Получение наноструктурированных материалов консолидацией нанопорошков. | |
| Технология и оборудование. Прессование с последующим спеканием, горячая экструзия и др. методы. Использование взрывного и магнитно-импульсного прессования. | *Знания на уровне понятий, определений, описаний, формулировок.*  Гидростатическое, газостатическое, квазигидростатическое прессование. Превращение беспорядок – порядок.  *Знания на уровне описаний и выводов.*  Компактирование нанопорошков. Осаждение на подложку. Интенсивная пластическая деформация. Горячая экструзия. Взрывное, магнито-импульсное прессование. Техника и приборы для различных методов прессования.Аппараты смешивания и диспергирования. Критерии качества смешивания и диспергирования. Сушка, брикетирование и гранулирование порошков. Механические и физико-химические процессы диспергирования и смешения порошков. |
| 3. Нанесение функциональных наноструктурированных покрытий на различные материалы и конструкции. | |
| Керамические нанокомпозитные покрытия: методы получения, технология и оборудование. Твердость нанокомпозитных покрытий. | *Знания на уровне понятий, определений, описаний, формулировок.*  Виды композитных керамик. Основные методы получения. Микроструктура керамики. Физические свойства, размеры. Пористость.Классификация нанокерамик. *Знания на уровне описаний и выводов.*  Основные методы получения. Техника получения керамик. Основы методов измерения твердости. Приборы для измерения твердости. Инденторы, наноинденторы. |
| 4. Нанокерамики и нанокомпозитные материалы. | |
| 4.1. Процессы получения и технология синтеза порошков наноразмерных простых и сложных оксидов, солей и других соединений, индивидуальных металлов и сплавов и получения из них композитных и керамических материалов. | *Знания на уровне понятий, определений, описаний, формулировок.*  Диспергационные методы. Физические методы. Методы дробления. Методы разложения. Конденсационные методы. Методы жидкой химии. Газофазные методы. Осаждение из газовой фазы.  *Знания на уровне описаний и выводов.*  Формование матрицы. Внедрение наполнителя в матрицу. Компактирование. Спекание. |
| 4.2. Методы синтеза порошков. Механохимический метод. Получение прекурсоров химическим осаждением. Золь-гель метод. Самораспространяющийся синтез. Аэрозольное распыление. Лазерная абляция. Пламенный, высокотемпературный и плазменный пиролиз. | *Знания на уровне описаний и выводов.*  Газофазный синтез наноразмерных частиц. Получение однокомпонентных нанопорошков, легированных металлических нанопорошков, карбидных и оксидных наночастиц. Применение метода термического разложения солей для получения нанопорошков. Получение наноразмерных порошков путем диспергирования. Золь-гель метод, свойства и применение. |
| 4.3. Керамика. Структура керамики. Получение керамики. Процесс формования керамики. Спекание. Спекание и форма зерна. Двухчастичная модель спекания. Сегрегация примесей. Применение керамики и керамических композитов. Требования к исходным материалам для синтеза керамики. Керамические нанокомпозиты. Зависимость свойств керамики от размера зерен. Методы получения керамических композитов. | *Знания на уровне описаний и выводов.*  Физико-химические процессы на границе раздела твердое тело-газ. Спекание и форма зерна. Двухчастичная модель спекания. Кинетика начальной стадии спекания. Диффузия по границе зерен. Вязкое течение зерен. Поверхностная диффузия. Испарение и конденсация. Кинетика средней стадии спекания. Кинетика финальной стадии спекания. Спекание под давлением. Кинетика роста зерен. Сегрегация примесей. Жидкофазное спекание. |
| 4.4. Нанокомпозитные материалы. Нанокомпозитные материалы на основе полимеров. Композиты полимер – наночастицы. Композиты полимер – углеродные нанотрубки. Нанокомпозиты полимер / металл. | *Знания на уровне понятий, определений, описаний, формулировок.*  Органо-неорганические композиты. Композиты полимер – наночастицы. Взаимодействие полимер-наполнитель. Нанокомпозиты глина - полимер. Углеродные нанотрубки. Композиты полимер - углеродные нанотрубки. «Хорошие» и «плохие» нанокомпозиты. Нанокомпозиты полимер/металл. Композиты с неорганическими наночастицами.  *Знания на уровне описаний и выводов.*  Методы получения композитов. Применение, свойства, характеристики. |

**5. Образовательные технологии**

В преподавании курса используются преимущественно традиционные образовательные технологии, имеющие практическую направленность; лекционные и семинарские занятия не предусмотрены. Объем самостоятельной работы аспирантов составляет более 85% общего объема занятий, остальная доля приходится на контроль самостоятельной работы.

**6. Лабораторный практикум**

Не предусмотрен

**7. Практические занятия**

Не предусмотрены

**8. Организация и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов**

Примерное распределение времени самостоятельной работы аспирантов

| **Вид самостоятельной работы** | **Примерная трудоёмкость, ач** |
| --- | --- |
| **Текущая СРА** | |
| работа с лекционным материалом, с учебной литературой |  |
| опережающая самостоятельная работа (изучение нового материала до его изложения на занятиях) |  |
| самостоятельное изучение разделов дисциплины | 56 |
| выполнение домашних заданий, домашних контрольных работ |  |
| подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям |  |
| подготовка к контрольным работам, коллоквиумам, зачётам | 10 |
| подготовка к экзаменам |  |
| другие виды СРА (указать конкретно) |  |
| **Итого текущей СРА:** | **66** |
| **Творческая проблемно-ориентированная СРА** | |
| выполнение расчётно-графических работ |  |
| выполнение курсового проекта или курсовой работы |  |
| поиск, изучение и презентация информации по заданной проблеме, анализ научных публикаций по заданной теме |  |
| работа над междисциплинарным проектом |  |
| исследовательская работа, участие в конференциях, семинарах, олимпиадах |  |
| анализ данных по заданной теме, выполнение расчётов, составление схем и моделей на основе собранных данных |  |
| другие виды ТСРА (реферат) |  |
| **Итого творческой СРА:** |  |
| **Итого СРА:** |  |

**Методы контроля** СРА: самоконтроль, контроль преподавателя, проверка преподавателем реферата аспиранта по утвержденной теме.

**9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

**9.1. Адрес сайта курса**

*Интернет-адрес сайта (по требованиям ФГОС ВО п.7.2*[[6]](#footnote-6) *содержание каждой учебной дисциплины должно быть представлено в сети Интернет или в локальной сети учебного заведения).*

**Примеры.**

[http://dl.eei.spbstu.ru/](http://moodle.spbstu.ru) (вход для зарегистрированных пользователей) -> ИМОП –> Кафедра «Управление международным сотрудничеством» –> курс «Документационное обеспечение управления с международным делопроизводством» (вход по кодовому слову, получаемому у преподавателя).

.

**9.2. Рекомендуемая литература**

**Основная литература**

| № | Автор, название, место издания, издательство, год (годы) издания | Год изд. | К-во экз.[[7]](#footnote-7) | Место хранения |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1. | **Михайлов, Михаил Дмитриевич**. Современные проблемы материаловедения. Нанокомпозитные материалы : учеб. пособие / М. Д. Михайлов ; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет .— СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2010 .— 207 с. : ил. ; 20 см .— В надзаг. также: Приоритетный национальный проект "Образование". Национальный исследовательский университет. — Библиогр.: с. 206-207 .— ISBN 978-5-7422-3024-3. | 2010 | 2 | ФБ |
| 2. | Нанотехнологии : учеб. пособие для вузов по направлению подгот. "Нанотехнологии" / Ч. Пул - мл., Ф. Оуэнс ; пер. с англ. под ред. Ю. И. Головина .— Изд. 5-е, испр. и доп. — М. : Техносфера, 2010 .— 330 с. : ил. ; 25 см .— (Мир материалов и технологий ; VI, 27) .— Библиогр. в конце гл. — ISBN 978-5-94836-239-7. | 2010 | 4 | ФБ |

**Дополнительная литература:**

1. Андриевский, Ростислав Александрович. Наноструктурные материалы : учеб. пособие для вузов по направл. 651800 "Физическое материаловедение" / Р. А. Андриевский, А. В. Рагуля.— М. : Academia, 2005 .— 178 с

2. Елисеев, Андрей Анатольевич. Функциональные наноматериалы : учеб. пособие для старших курсов по специальности - Химия / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин ; под ред. Ю. Д. Третьякова .— М. : ФИЗМАТЛИТ, 2010 .— 452 с.

3. Полимерные композиционные материалы : прочность и технология / С. Л. Баженов [и др.] .— Долгопрудный : Интеллект, 2010 .— 347 с.

4. Self-organized nanoscale materials / ed.: Motonari Adachi and David J. Lockwood .— New York : Springer, 2006 .— xv, 317 p

5. Handbook of nanophase and nanostructured materials : in 4 vol. / ed. by Zhong Lin Wang, Yi Liu, Ze Zhang .— New York et al. : Kluwer Academic/Plenum publ. : Tsinghua Univ. Press, 2003.

6. Springer handbook of nanotechnology / Bharat Bhushan (ed.). — 2nd rev. & extended ed. — Berlin ; New York : Springer, 2007 .— xliv, 1916 p.

**Электронные и Internet-ресурсы:**

Не предусмотрены.

**9.3. Технические средства обеспечения дисциплины**

**10. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Наличие доступа к электронным ресурсам Фундаментальной библиотеки СПбГУ.

**11. Критерии оценивания и оценочные средства**

Реферат по теме, согласованной с преподавателем и научным руководителем аспиранта, включающий в себя анализ научной и патентной литературы, определение наиболее перспективных технологий по заданному направлению и предложения по возможным направлениям дальнейших исследований.

**11.1. Критерии оценивания**

«*Зачтено*» - выставляется тогда, когда аспирант:

* грамотно владеет терминологией;
* демонстрирует знания по теме;
* владеет выразительной, грамотной речью;
* наглядные средства использует грамотно;
* отвечает на вопросы аргументировано.

«*Не зачтено*» - выставляется тогда, когда аспирант:

* сущность проблем вопроса не раскрывает;
* не владеет терминологией;
* демонстрирует отсутствие знаний по теме курса;
* не владеет научным стилем речи;
* не умеет использовать наглядные средства;
* отвечает на вопросы не убедительно.

**11.2. Оценочные средства**

**Перечень некоторых вопросов на зачете:**

1. Технологические и экспериментальные исследования процессов получения наноматериалов и их обработки.
2. Процессы посредством формирования наноструктур на подложках методами нанолитографии, ионными и атомными пучками, зондовыми методами.
3. Методы модифицирования поверхности материалов облучением ускоренными частицами, термической и термомеханической обработкой.
4. Методы модифицирования расплавов и получения из них материалов с нанокристаллической структурой.
5. Аморфизация металлов и сплавов и их кристаллизация.
6. Получение наностеклокерамик и стекол с квантовыми точками.
7. Получение нанокристаллических материалов методами интенсивной пластической деформации.
8. Получение наноструктурированных материалов консолидацией нанопорошков.
9. Нанесение функциональных наноструктурных покрытий на различные материалы и конструкции.

**12. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины**

В основе изучения дисциплины «Нанотехнологии и наноматериалы» применительно к аспирантам лежит физико-химическая интерпретация процессов, протекающих при получении наноматериалов и их исследовании. Физико-химические основы процессов даются в лекционном материале, их более глубокое изучение проходит в ходе выполнения и обсуждения самостоятельно выполняемых аспирантами работ. Индивидуальные занятия аспирантов посвящены, в основном, изучению конкретных примеров технологических процессов синтеза и обработки наноматериалов. В ходе выполнения самостоятельных исследований и написания реферата аспиранты должны приобрести навыки нахождения инженерных решений, необходимых для разработки и реализации технологических процессов.

1. Подробное описание в разделе 8. [↑](#footnote-ref-1)
2. Подробное описание в разделе 8. [↑](#footnote-ref-2)
3. Общую трудоемкость освоения дисциплины определяют с учетом всех видов учебной работы (аудиторной и самостоятельной). [↑](#footnote-ref-3)
4. Только контрольные работы и коллоквиумы трудоёмкостью не менее 1 ач, которые проводятся во время плановых аудиторных занятий. [↑](#footnote-ref-4)
5. Графы «Результаты обучения» заполнены как пример. Возможно заполнение в терминах «знания, умения и навыки, опыт» и т.п. [↑](#footnote-ref-5)
6. Пункт, в котором описаны требования к методическому обеспечению ООП.. [↑](#footnote-ref-6)
7. Общее количество аспирантов, одновременно изучающих дисциплину. [↑](#footnote-ref-7)