

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ.Н.С.КУРНАКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

(ИОНХ РАН)



«УТВЕРЖДАЮ»
Директор ИОНХ РАН

В.К. Иванов
2026 г.

**ПРОГРАММА ПОДГОТОВКИ НАУЧНЫХ И НАУЧНО-
ПЕДАГОГИЧЕСКИХ КАДРОВ В АСПИРАНТУРЕ**

Шифр и наименование области науки: 1. Технические науки

Шифр и наименование группы научных специальностей: 2.6. Химические технологии,
науки о материалах, металлургия

Шифр и наименование научных специальностей:
2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы
2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

Форма обучения: очная

Нормативный срок обучения: 4 года

Москва
2026 г.

ВВЕДЕНИЕ

Специфика высшего образования в научных учреждениях страны состоит в том, что образовательный процесс непосредственно связан с научной деятельностью, преподавание учебных дисциплин осуществляется на уровне, максимально приближенном к последним достижениям науки и практики.

Образовательный процесс реализуется выдающимися российскими учеными – действительные члены Российской академии наук, академики РАН, член-корреспонденты РАН, доктора, доценты и кандидаты наук, с использованием новейших достижений отечественной и мировой науки.

1. Общие положения

1.1. Паспорта научных специальностей

1.1.1. Паспорт научной специальности 2.6.6. «Нанотехнологии и наноматериалы»

Область науки:

2. Технические науки

Группа научных специальностей:

2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия

Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:

Технические

Химические

Физико-Математические

Шифр научной специальности:

2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы

Направления исследований:

1. Металлургия и материаловедение:

1.1. Технологические и экспериментальные исследования процессов получения наноматериалов и их обработки, в том числе посредством формирования наноструктур на подложках, объёмного модифицирования расплавов, пластической деформации, консолидации нанопорошков, модифицирования поверхности материалов, облучения ускоренными частицами, термической и термомеханической обработки; разработка технологий и оборудования.

1.2. Исследование влияния параметров элементов структуры на свойства наноматериалов.

1.3. Исследование фазовых равновесий, фазовых переходов, поверхностных явлений в наноматериалах.

1.4. Исследование процессов временной устойчивости структур изделий из наноматериалов при их эксплуатации, процессов деградации наноструктур и разработка способов обеспечения долгоживучести наноструктур.

1.5. Исследование взаимосвязи химического и фазового составов, структурного состояния с физическими, механическими, химическими, технологическими, эксплуатационными и другими свойствами наноматериалов.

1.6. Исследование процессов нанесения функциональных наноструктурных покрытий на различные материалы и конструкции, разработка технологий и оборудования.

1.7. Исследование процессов обработки различных изделий с целью получения наноструктурных поверхностных функциональных слоев, разработка технологий и оборудования.

1.8. Разработка новых и совершенствования существующих методов анализа структуры и свойств наноматериалов.

1.9. Разработка и компьютерная реализация математических моделей при производстве, обработке, и переработке наноматериалов. Компьютерный анализ и оптимизация процессов.

1.10. Система управления качеством, сертификация и аккредитация наноматериалов и изделий из них, нанотехнологий, оборудования для их производства, обработки и переработки.

2. Строительство:

2.1. Исследование технологии получения наноструктур строительного назначения (расплав, золь-гелевый синтез, молекулярный синтез, управляемая гидратация, супертонкое измельчение и др.).

2.2. Разработка и компьютерная реализация математических моделей для исследования структуры, свойств и процессов получения наноматериалов, используемых в строительстве.

2.3. Исследование технологии перемешивания и гомогенизации жидких смесей с нанодисперсными частицами, методов их активации и живучести, реологических свойств.

2.4. Исследование влияния наносистем на процессы гидратации минеральных вяжущих веществ, разработка и исследование наноструктурированных вяжущих веществ и бетонов.

2.5. Исследование технологии, структуры и свойств наноструктурированных высокоплотных и высокопрочных строительных композитов, и бетонов, материалов специального назначения.

2.6. Разработка и исследование наномодификаторов структуры и свойств строительных материалов.

2.7. Исследование поведения наноматериалов при воздействии различных температур, влажности, агрессивных факторов и времени эксплуатации.

2.8. Разработка и исследование пленочных наносистем для повышения долговечности и архитектурной выразительности строительных материалов и конструкций.

2.9. Разработка и исследования углеродных, базальтовых, металлических, стеклянных, арамидных и других наноразмерных волокон и строительных композитов на их основе.

2.10. Разработка и исследование наноматериалов для ремонта и упрочнения строительных элементов, оснований и фундаментов.

2.11. Диагностика наноструктур и наноматериалов строительных систем, методов исследования наноструктуры материалов на основе дисперсных систем, в том числе исследование наноразмерных пустот в пористых системах.

3. Химия и химическая технология:

3.1. Экспериментальные исследования процессов получения и технологии наноматериалов, формирования наноструктур на подложках, синтеза порошков наноразмерных простых и сложных оксидов, солей и других соединений, металлов и сплавов, в том числе редких и платиновых металлов.

3.2. Выявление влияния размерного фактора на функциональные свойства и качества наноматериалов.

3.3. Исследование фазовых равновесий и поверхностных явлений в наноматериалах.

3.4. Моделирование структуры, свойств и процессов получения наноматериалов.

3.5. Исследование процессов нанесения покрытий из наноструктурированных материалов на различные наполнители.

3.6. Совершенствование существующих и разработка новых методов анализа структуры и свойств наноматериалов.

3.7. Исследование структуры, свойств и технологии композиционных наноструктурированных материалов.

3.8. Исследование физико-химических свойств неорганических наполнителей.

3.9. Новые технологические процессы с участием наноструктурированных сред и наноматериалов.

1.1.2. Паспорт научной специальности 2.6.13. «Процессы и аппараты химических технологий»

Область науки:

2. Технические науки

Группа научных специальностей:

2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия

Наименование отрасли науки, по которой присуждаются ученые степени:

Технические

Химические

Физико-Математические

Шифр научной специальности:

2.6.13. Процессы и аппараты химических технологий

Направления исследований:

1. Фундаментальные исследования явлений переноса энергии, массы и импульса в химико-технологических процессах и аппаратах.
2. Теория подобия, моделирование и масштабирование химико-технологических процессов и аппаратов, машин и агрегатов.
3. Способы, приемы, методология исследования гидродинамики движения жидкости, газов, перемещение сыпучих материалов в технологических аппаратах и схемах.
4. Способы, приемы, методология исследования химических, тепловых, массообменных и совмещенных процессов, совершенствование их аппаратного оформления.
5. Способы, приемы, методология исследования химических процессов, протекающих в условиях взаимного влияния на них гидродинамики и тепло-массообмена, совершенствование их аппаратного оформления.
6. Способы, приемы, методология исследования механических процессов, совершенствование их аппаратного оформления.
7. Способы, приемы, методология изучения нестационарных режимов протекания процессов в химической аппаратуре, в том числе с целью формирования предпосылок эффективного управления и автоматизации.
8. Интеграция и оптимизация химико-технологических процессов и систем.
9. Методы и способы интенсификации химико-технологических процессов, в том числе с помощью физико-химических воздействий на перерабатываемые материалы.
10. Методы изучения, совершенствования и создания ресурсо- и энергосберегающих процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности, обеспечивающие минимизацию отходов, газовых выбросов и сточных вод, в том числе разработка химико-технологических процессов переработки отходов.
11. Принципы и методы синтеза и совершенствования ресурсосберегающих химико-технологических систем и производств.
12. Методы анализа, расчета и оптимизации показателей качества, устойчивости, надежности и безопасности химико-технологических систем.
13. Развитие теории и практики создания процессов, аппаратов, технологий, обеспечивающих создание автоматизированных цифровых производств.

14. Создание новых процессов и аппаратов в химической технологии, позволяющих получать изделия заданного состава и формы на основе различных материалов.

1.2. Программа подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (далее – программа аспирантуры) разработана на основе федеральных государственных требований, утвержденных приказом Минобрнауки России от 20 октября 2021 г. № 951.

Программа аспирантуры по группе научных специальностей 2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия представляет собой комплекс основных характеристик образования, организационно-педагогических условий, форм аттестаций, который представлен в виде общей характеристики программы аспирантуры, учебного плана, календарного учебного графика, рабочих программ дисциплин, программ практик, программы научных исследований, программы итоговой аттестации, оценочных средств, методических материалов.

1.3. Нормативные документы для разработки программы аспирантуры

Настоящая программа аспирантуры по научным специальностям разработана на основе следующих нормативных документов:

- Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 30.11.2021 г. № 2122 «Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре);
- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 г. № 951 «Об утверждении Федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов);
- Приказ Минобрнауки России от 24.02.2021 г. № 118 «Об утверждении номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, и внесении изменения в Положение о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, утвержденное приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 10 ноября 2017 г. № 1093»;
- Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 «О порядке присуждения ученых степеней»;
- Устав ИОНХ РАН;
- Локальные нормативные акты ИОНХ РАН.

1.4. Общая характеристика программы аспирантуры

Целью программы аспирантуры является подготовка научных и научно-педагогических кадров с учетом современных требований к осуществлению профессиональной деятельности в области научных специальностей, а также проведение научных исследований для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, апробации результатов научных исследований и внедрения, для получения заключения организации и (или) представления диссертации на соискание ученой степени в диссертационный совет.

В рамках осуществления научной (научно-исследовательской) деятельности аспирант решает научную **задачу**, имеющую значение для развития соответствующей отрасли науки, либо разрабатывает новые научно обоснованные технические, технологические или иные решения и разработки, имеющие существенное значение для развития страны.

Срок получения образования по программе аспирантуры по группе научных специальностей 2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия (очная форма обучения) составляет 4 года.

При освоении программы аспирантуры инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья указанный срок может быть продлен не более чем на один год по сравнению с установленным сроком освоения программы.

Образовательная деятельность по программе аспирантуры осуществляется на русском языке.

Объем программы аспирантуры (без факультативных дисциплин) составляет 240 зачетных единиц (далее – з.е.).

Образовательный процесс по программе аспирантуры разделяется на учебные курсы.

Учебный год по очной форме программы аспирантуры начинается с 01 октября.

В учебном году устанавливаются каникулы общей продолжительностью не менее 6 недель и не более 8 недель.

1.5. Требования к уровню подготовки, необходимые для освоения программы аспирантуры

К освоению программ аспирантуры допускаются лица, имеющие высшее профессиональное образование, подтвержденное дипломом специалиста или дипломом магистра, в том числе лица, имеющие образование, полученное в иностранном государстве, признанное в Российской Федерации, успешно сдавшие вступительные экзамены и зачисленные в аспирантуру ИОНХ РАН для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

2. Требования к структуре программы аспирантуры

2.1. Структура программы аспирантуры

Программа включает в себя научный компонент, образовательный компонент, итоговую аттестацию.

Научный компонент программы включает:

- научную деятельность аспиранта, направленную на подготовку диссертации на соискание учёной степени кандидата наук (далее – диссертация) к защите;
- подготовку публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, в рецензируемых научных изданиях и приравненных к ним изданиях в соответствии с критериями, установленными «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения учёных степеней»;
- промежуточную аттестацию по этапам выполнения научного исследования.

Образовательный компонент программы аспирантуры включает дисциплины и практику, а также промежуточную аттестацию по указанным дисциплинам и практике.

Итоговая аттестация по программе аспирантуры проводится в форме оценки диссертации на предмет ее соответствия критериям, установленным в соответствии с Федеральным законом от 23.08.1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике».

Структура и трудоемкость программы аспирантуры:

Наименование компонентов программы аспирантуры и их составляющих	Трудоемкость, з.е.
1. Научный компонент	
1.1. Научная деятельность, направленная на подготовку диссертации к защите	166
1.2. Подготовку публикаций, в которых излагаются основные научные результаты диссертации, в рецензируемых научных изданиях и приравненных к ним изданиях в соответствии с критериями, установленными «Положением о присуждении ученых степеней», утвержденным Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения учёных степеней»	40
1.3. Промежуточная аттестация по этапам выполнения научного исследования	4
2. Образовательный компонент	
2.1. Дисциплины, в том числе факультативные дисциплины, направленные на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов	20
2.2. Практика	3
2.3. Промежуточная аттестация по дисциплинам и практике	4
3. Итоговая аттестация	6
Итого:	243

3. Требования к условиям реализации программы аспирантуры

3.1. Общесистемное обеспечение реализации программы аспирантуры

3.1.1. ИОНХ РАН обеспечивает аспиранту доступ к научно-исследовательской инфраструктуре в соответствии с программой аспирантуры и индивидуальным планом работы.

3.1.2. ИОНХ РАН обеспечивает аспиранту в течение всего периода освоения программы аспирантуры индивидуальный доступ к электронной информационно-образовательной среде (далее – ЭИОС) ИОНХ РАН посредством информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и локальной сети ИОНХ РАН в пределах, установленных законодательством Российской Федерации в области защиты государственной и иной охраняемой законом тайны.

3.1.3. ИОНХ РАН обеспечивает аспиранту доступ к учебно-методическим материалам, библиотечным фондам и библиотечно-справочным системам, профессиональным базам данных.

3.1.4. ЭИОС ИОНХ РАН обеспечивает доступ аспиранту ко всем электронным ресурсам, которые сопровождают научно-исследовательский и образовательный процессы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре согласно соответствующим программам аспирантуры, в том числе к информации об итогах промежуточных аттестаций с результатами выполнения индивидуального плана научной деятельности и оценками выполнения индивидуального плана работы.

3.1.5. ИОНХ РАН располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы обучающихся, предусмотренных учебным планом.

3.2. Материально-техническое и учебно-методическое обеспечение

3.2.1. Норма обеспеченности образовательной деятельности учебными изданиями определяется исходя из расчета не менее одного учебного издания в печатной и (или) электронной форме, достаточного для освоения программы аспирантуры, на каждого аспиранта по каждой дисциплине, входящей в индивидуальный план работы.

3.2.2. ИОНХ РАН обеспечен необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения согласно рабочим программам.

3.2.3. Обучающиеся и научные и (или) научно-педагогические работники имеют доступ к современным профессиональным базам данных, в том числе международным реферативным базам данных научных изданий, и информационным справочным системам.

В ИОНХ РАН аспирантам обеспечен доступ к фондам научной библиотеки, которая входит в систему Библиотеки по естественным наукам РАН (БЕН РАН).

Реализация программы аспирантуры обеспечивается доступом каждого аспиранта к архивам отечественных и зарубежных изданий (http://www.benran.ru/pl_in_izd.html), а также электронным базам данных (<http://www.benran.ru/bazi.html>) в библиотеке в Интернет-классе ИОНХ РАН.

3.2.4. ИОНХ РАН имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

3.2.5. Перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы аспирантуры, включает в себя лабораторное оборудование в зависимости от степени сложности, для обеспечения дисциплин, осуществления научно-исследовательской деятельности и подготовки диссертации и практик. Лабораторный комплекс ИОНХ РАН включает в себя лаборатории, оснащенные на мировом уровне самым современным оборудованием.

Лаборатории оснащены современными приборами для синтеза неорганических соединений и материалов: стеклянная и пластиковая химическая посуда отечественного и иностранного производства, спектральное и лабораторное оборудование для рутинных измерений, реакционные установки, вакуумные системы, лабораторные печи, хроматографы.

3.2.6. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ИОНХ РАН.

3.3. Кадровые условия реализации программы аспирантуры

3.3.1. 100 % численность штатных научных и (или) научно-педагогических работников, участвующих в реализации программы аспирантуры, имеют ученую степень (в том числе ученую степень, полученную в иностранном государстве и признаваемую в Российской Федерации) и (или) ученое звание (в том числе ученое звание, полученное в иностранном государстве и признаваемое в Российской Федерации).

3.3.2. Квалификация руководящих и научных и (или) научно-педагогических работников ИОНХ РАН соответствует квалификационным характеристикам, установленным в Едином квалификационном справочнике должностей руководителей, специалистов и служащих, раздел «Квалификационные характеристики должностей руководителей и специалистов высшего профессионального и дополнительного профессионального образования», утвержденном приказом Министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от

11 января 2011 г. № 1н (зарегистрирован Министерством юстиции Российской Федерации 23 марта 2011 г., регистрационный № 20237), и профессиональным стандартам.

3.3.3. Научный руководитель аспиранта должен иметь ученую степень доктора наук, или в отдельных случаях ученую степень кандидата наук, или ученую степень, полученную в иностранном государстве, признаваемую в Российской Федерации; осуществлять научную (научно-исследовательскую) деятельность по соответствующему направлению исследований в рамках научной специальности за последние 3 года; иметь публикации по результатам осуществления указанной научной (научно-исследовательской) деятельности в рецензируемых отечественных и (или) зарубежных научных журналах и изданиях; осуществлять апробацию результатов указанной научной (научно-исследовательской) деятельности, в том числе участвовать с докладами по тематике научной (научно-исследовательской) деятельности на российских и (или) международных конференциях, за последние 3 года.

3.4. Финансовое обеспечение программы аспирантуры

3.4.1. Финансовое обеспечение реализации программы аспирантуры осуществляется на основании приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 26.03.2021 г. № 209 «Общих требований к определению нормативных затрат на оказание государственных (муниципальных) услуг в сфере высшего образования и дополнительного профессионального образования для лиц, имеющих или получающих высшее образование, молодежной политики, применяемых при расчете объема субсидии на финансовое обеспечение выполнения государственного (муниципального) задания на оказание государственных (муниципальных) услуг (выполнение работ) государственным (муниципальным) учреждением».

4. Особенности организации образовательного процесса по программам аспирантуры для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Обучение по программам аспирантуры инвалидов и обучающихся с ограниченными возможностями здоровья осуществляется ИОНХ РАН с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

В ИОНХ РАН созданы специальные условия для получения высшего образования по программам аспирантуры обучающимся с ограниченными возможностями здоровья. Обучение осуществляется на основе программ аспирантуры, адаптированных при необходимости для обучения указанных обучающихся.

Подробно особенности организации образовательного процесса по программам аспирантуры для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ИОНХ РАН

регламентируются локальным нормативным актом «Положением об обучении аспирантов – инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в аспирантуре ИОНХ РАН».

Ответственные за реализацию программы аспирантуры:

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень	Ученое звание	Должность	Контактная информация (служебный адрес электронной почты, служебный телефон)
Вошкин Андрей Алексеевич	д.т.н.	чл.-корр.РАН	Заместитель директора	voshkin@igic.ras.ru 8(495)775-65-81
Терехова Анна Николаевна			Зав.Учебным центром	asp@igic.ras.ru 8(495)775-65-85 доб.159

Автор(ы) программы:

Зам.директора ИОНХ РАН
чл.-корр.РАН

Зав.Учебным центром



А.А.Вошкин

А.Н.Терехова

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ИМ. Н.С. КУРНАКОВА
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИОНХ РАН)



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИОНХ РАН

акад. РАН

В.К. Иванов

2026 г.

Рабочая программа дисциплины Нанотехнологии и наноматериалы

Шифр и наименование области науки: 1. Технические науки

Шифр и наименование группы научных специальностей: 2.6. Химические технологии,
науки о материалах, металлургия

Шифр и наименование научной специальности:
2.6.6. Нанотехнологии и наноматериалы

Форма обучения: очная

Нормативный срок обучения: 4 года

Москва
2026 г.

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины Нанотехнологии и наноматериалы разработана в соответствии с федеральными государственными требованиями, утвержденными Минобрнауки России от 20 октября 2021 г. № 951.

Изучение дисциплины Нанотехнологии и наноматериалы в соответствии с учебными планами подготовки аспирантов осуществляется в течение 2-го курса обучения в аспирантуре и завершается сдачей кандидатского минимума.

Целями освоения дисциплины Нанотехнологии и наноматериалы являются формирование теоретической базы, необходимой для осуществления научно-исследовательской деятельности в области нанотехнологий и наноматериалов, их методов получения и физико-химического анализа, и подготовка к сдаче кандидатского экзамена по специальной дисциплине Нанотехнологии и наноматериалы.

Задачами дисциплины являются:

- изучение физикохимии наночастиц и наноматериалов;
- изучение синтетических основ различных методов получения наночастиц и наноматериалов, способов их контролируемого роста, размера и формы;
- изучение процессов нанотехнологий, применяемых в современных научных исследованиях и производствах;
- умение анализировать научно-техническую информацию и изучать отечественный и зарубежный опыт по получению наноматериалов;
- изучение основ современных методов физико-химического анализа наночастиц и наноматериалов;
- формирование навыков работы с научно-технической информацией.

2. Место дисциплины в структуре программы аспирантуры

Дисциплина Нанотехнологии и наноматериалы относится к образовательному компоненту программы аспирантуры, является обязательной для освоения.

3. Структура и основное содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачётных единиц (288 часов).

3.1. Структура дисциплины

№ п/п	Наименование дисциплины	Объем учебной работы (в часах)						Вид итогового контроля	
		Всего	Всего аудит.	Из аудиторных					Сам. работа
				Лекц.	Лаб.	Пр.	КСР		

1.	Нанотехнологии и наноматериалы	288	116	60	56	-	-	172	Кандидатский экзамен по дисциплине
----	--------------------------------	-----	-----	----	----	---	---	-----	------------------------------------

3.2. Содержание дисциплины

3.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Виды учебной работы, и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа
		Лек.	Лаб.	Пр.	КСР	
1	Введение в дисциплину	16	-	-	-	42
2	Наноматериалы: классификация и особенности, методы получения и области применения	14	28	-	-	45
3	Методы исследования и моделирования наноматериалов	14	28	-	-	45
4	Использование нанотехнологий в современных наукоемких производствах	16	-	-	-	40

3.2.2. Содержание лекционных разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения занятий
1.	Введение в дисциплину	1. Общее представление о наноматериалах, нанотехнологии и наноиндустрии. 2. Предмет, цели и основные направления в нанотехнологии. Возникновение и развитие нанотехнологии. Современный уровень развития нанотехнологий. Связь нанотехнологий с проблемами окружающей среды и энергетики.	16	Лекции, самостоятельная работа аспиранта
2.	Виды и особенности наноматериалов, методы их получения и перспективы применения	1. Размерные эффекты в химии и материаловедении. Структура поверхностного слоя как фактор, определяющий наноразмерные эффекты. Поверхностные состояния и активные центры – функциональные группы на поверхности твердых тел. Точечные дефекты в твердых телах. Реакционная способность наночастиц. 2. Классификация наноматериалов и общие подходы к их получению. 3. Наноструктуры с различной анизотропией формы: нанопорошки, нанопластины, наностержни, нановолокна, нанотрубки и др. 4. Коллоидные наносистемы: аэрогели, аэрозоли, эмульсии и др. 5. Жидкофазные методы получения наноматериалов: золь-гель, гидро-и солвотермальный, осаждение и др. 6. Газофазные методы получения наноматериалов: физическое и химическое осаждение из газовой фазы, молекулярное	14	Лекции, самостоятельная работа аспиранта

		<p>наслаивание (атомно-слоевое осаждение)..</p> <p>7. Углеродные наноструктуры: графен, нанотрубки, фуллерены и др.</p> <p>8. Постграфеновые слоистые наноструктуры: дихалькогениды переходных металлов, максены, фосфорены, борофены, слоистые гидроксиды и др.</p> <p>9. Области применения наноматериалов: микроэлектроника, фотовольтаика, сенсорика и др.</p>		
3.	Исследование и моделирование наноматериалов	<p>1. Теория квантово-размерных наногетероструктур. Квантовые точки.</p> <p>2. Теория фракталов. Фрактальные свойства наноматериалов.</p> <p>3. Методы исследования поверхности и поверхностного слоя. Взаимодействие между компонентами в нанокompозитах.</p> <p>4. История развития микроскопии. Электронный микроскоп. Растровая электронная, ионная и ОЖЕ-микроскопия. Туннельный эффект и его использование в нанотехнологии. Сканирующая зондовая микроскопия. Сканирующий туннельный микроскоп; принцип работы, устройство и возможности использования.</p> <p>5. Атомно-силовой микроскоп; принцип работы, устройство и возможности использования. Типы кантиллеров. Сканирующий оптический микроскоп ближнего поля. Наноиндентор. Сканирующие зондовые лаборатории. Нановесы.</p> <p>6. Спектроскопические методы анализа наноматериалов. Оптическая Фурье-спектроскопия. Спектроскопия комбинационного рассеяния.</p> <p>7. Метод рентгеновской дифракции. Методы малоуглового рассеяния рентгеновских лучей и нейтронов.</p> <p>8. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия.</p> <p>8. Эллипсометрия.</p> <p>9. Моделирование наноструктур.</p>	14	Лекции, самостоятельная работа аспиранта
4.	Перспективы развития нанотехнологий	Современные направления использования нанотехнологий в технике, промышленности, медицине и других областях. Отношение общества к нанотехнологиям. Будущее нанотехнологий: проблемы и перспективы.	16	Лекции, самостоятельная работа аспиранта

3.2.3. Содержание лабораторных работ дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Трудоемкость (в часах)	Форма проведения занятий
1.	Виды и особенности наноматериалов, методы их получения и области	<p>1. Ознакомление с информационными ресурсами по нанотехнологии. Разработка предложений по использованию нанотехнологий в НИР.</p> <p>2. Исследование профиля и функционального состава поверхности наноструктурированных материалов и материалов с нанопокрывтиями.</p>	28	Лабораторные занятия, самостоятельная работа аспиранта

	применения	3. Исследование оптических свойств нанокристаллов. Спектры поглощения нанокристаллов и их коллоидных растворов. 4. Исследование люминесцентных свойств нанокристаллов.		
2.	Исследование и моделирование наноматериалов	1. Анализ дисперсности наноструктур по данным ОКР рентгенофазового анализа. 2. Анализ морфологии и размера наночастиц по данным электронной микроскопии. 3. Исследование оптических свойств нанопленок. Расчет ширины запрещенной зоны. 4. Исследование механических свойств наноструктурированных конструкционных материалов. 5. Изучение эмиссионно-полевых характеристик эмиттеров на основе углеродных нанотрубок. 6. Анализ и расчет фрактальных структур. 7. Моделирование наноструктур (квантовых точек, нанокомпозитов).	28	Лабораторные занятия, самостоятельная работа аспиранта

3.2.4. Самостоятельная работа

Рабочей программой дисциплины Нанотехнологии и наноматериалы предусмотрена самостоятельная работа аспиранта.

Самостоятельная работа распределяется по видам учебных занятий следующим образом:

- проработка лекционного материала по конспекту и учебной литературе;
- проработка актуальных вопросов, чтение и конспектирование первоисточников.

Самостоятельная работа подкрепляется учебно-методическим и информационным обеспечением, включающим учебники, учебно-методические пособия, конспекты лекций. Основные виды самостоятельной работы: в читальном зале библиотеки, в домашних условиях с доступом к ресурсам Интернет.

3.2.5. Образовательные технологии

Основными образовательными технологиями, используемыми при реализации учебной работы, являются лекции, семинары ведущих отечественных и зарубежных ученых и консультации с преподавателями; проведение практических работ, участие обучаемых в научной работе и выполнение исследовательских проектов.

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

4.1. Текущий контроль успеваемости

Основной контроль знаний осуществляется в процессе участия в практических занятиях.

4.2. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

Промежуточная аттестация по дисциплине Нанотехнологии и наноматериалы проводится на 3 курсе в форме экзамена (кандидатского экзамена по дисциплине), предусматривающего ответы на вопросы.

Вопросы для подготовки к сдаче экзамена (кандидатского экзамена) по дисциплине Нанотехнологии и наноматериалы приведены в Программе кандидатского экзамена по Нанотехнологиям и наноматериалам.

С целью оценки уровня знаний на экзамене (кандидатском экзамене) используется 5-балльная система в соответствии с критериями, представленными в таблице:

Критерии оценки

«Отлично»	Аспирант показал творческое отношение к обучению, в совершенстве овладел всеми вопросами дисциплины, показал все требуемые умения и навыки
«Хорошо»	Аспирант овладел всеми вопросами дисциплины, показал основные умения и навыки
«Удовлетворительно»	Аспирант имеет недостаточно глубокие знания по разделам дисциплины, показал не все основные умения и навыки
«Неудовлетворительно»	Аспирант имеет проблемы по отдельным разделам дисциплины и не владеет основными умениями и навыками

5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

5.1. Рекомендуемая литература

При изучении дисциплины аспиранты используют основную и дополнительную литературу, рекомендованную преподавателем. Кроме того, преподаватель может рекомендовать аспиранту ознакомиться с дополнительными материалами методического характера.

Основная литература:

1. Идеология нанотехнологий / М. В. Ковальчук. - 3-е изд., стер. - Москва: Физматлит, 2021. - 223 с.: ил. - ISBN 978-5-9221-1934-4: 1500.00.
2. Вологжанина С.А., Пряхин Е.И., Ганзуленко О. Ю. и др. Наноматериалы и нанотехнологии. Учебник для вузов. 3-е издание. 2023.- М.: издательство Лань. 369 с. ISBN: 978-5-507-46915-4
3. Казаков В. Д. Наноматериалы и наноустройства в радиоэлектронике: учебное пособие / В. Д. Казаков. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. - 164 с. - ISBN 978-5-9729-1596-5.
4. Основы конструирования и технологии производства радиоэлектронных средств. Интегральные схемы: учебник для вузов / Ю. В. Гуляев [и др.]; под редакцией Ю. В. Гуляева. — Москва Издательство Юрайт, 2023. — 460 с.
5. Юрков Н. К. Технология производства электронных средств: учебник / Н. К. Юрков. — 2-е изд., испр., доп. — Санкт-Петербург: Лань, 2021. — 480 с. — ISBN 978-5-8114-1552-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система.
6. Щербаков А.Б., Иванов В.К. «Практикум по наноматериалам и нанотехнологиям»/ А.Б. Щербаков, В.К. Иванов. – М.: Издательство Московского университета, 2019. – 368 с.
7. Васильев В. Ю. Введение в технологию химического осаждения из газовой фазы тонких пленок для электроники: оборудование, методология, особенности роста : учебное пособие / В. Ю. Васильев. — Санкт-Петербург: Лань, 2024. — 344 с. — ISBN 978-5-507-48885-8

Дополнительная литература:

1. Современные технологии получения и особенности физико-механических и структурных свойств наноматериалов учебное пособие / А. А. Клопотов, Ю. Ф. Иванов, О. Г. Волокитин [и др.]; Томский государственный архитектурно-строительный университет. – Томск: Томский государственный архитектурно-строительный университет (ТГАСУ), 2019. – 80 с. : схем., табл., ил.
2. Нанотехнологии и наноматериалы: единство науки, инноваций и подготовки кадров / Р. З. Валиев // Высшее образование сегодня. - 2018. - № 8. - С. 62 - 66. - ISSN 80790.
3. Технология тонких пленок и покрытий: учебное пособие / Л. Н. Маскаева, Е. А. Федорова, В. Ф. Марков; под общей редакцией Л. Н. Маскаевой; Министерство образования и науки Российской Федерации, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина. — Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2019. — 236 с. — ISBN 978-5-7996-2560-3.

5.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Для освоения дисциплины используются следующие ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. Федеральный портал «Российское образование» - <http://www.edu.ru/>;
2. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - <https://www.elibrary.ru/>.
3. Научно-образовательный портал «Большая российская энциклопедия» - <https://bigenc.ru>

6. Требования к материально-техническому обеспечению программы

ИОНХ РАН располагает материально-технической базой, соответствующей требованиям материального обеспечения дисциплины.

Аудитории для проведения занятий оснащены компьютерами и проекторами для показа мультимедийных презентаций. Компьютеры, объединенные в локальную сеть с выходом в Интернет и подключенные к международным и российским научным базам данных и электронной библиотеке с основными международными научными журналами.

Материально-техническая база соответствует действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивает проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работы аспирантов.

Информация о материально-технической базе, используемой при осуществлении образовательной деятельности по программе	
№ аудитории/форма проведения занятия	Наименование оснащенного помещения, с перечнем основного оборудования (с указанием количества)
Ауд. 14 для проведения лабораторных занятий	Рентгеновские порошковые дифрактометры Наоуан DX-27mini (1 шт.), Наоуан DX-2700BH (1 шт.). Компьютер в комплекте: системный блок interCorei3 – 2 шт. Монитор черный Benq – 2шт.

	<p>Клавиатура – 2шт. Мышь – 2шт. Стол – 1 шт. Ступка агатовая – 1 шт.</p>
Ауд. 620А для проведения лабораторных занятий	<p>Рентгеновские порошковые дифрактометры Наоуан DX-27mini (1 шт.), Наоуан DX-2700BH (1 шт.). Компьютер в комплекте: системный блок interCorei3 – 2 шт. Монитор черный Benq – 2шт. Клавиатура – 2шт. Мышь – 2шт. Стол – 1 шт. Ступка агатовая – 1 шт.</p>
Ауд. 16 для проведения практических занятий	<p>Сканирующий (растровый) электронный микроскоп Carl Zeiss NVision 40 – 1 шт. Установка для нанесения проводящих покрытий Quorum SC7620 Mini – 1 шт. Компьютер в комплекте на базе intel Core i3 - 2 шт. Монитор черный Beng – 2шт. Клавиатура – 2шт. Мышь – 2шт. Стол – 2 шт.</p>
Ауд. 21 для проведения практических занятий	<p>Лазерный конфокальный Рамановский микроскоп со спектрометром Confotec NR500 Микроскоп-спектрофотометр МСФУ-К Компьютер в комплекте на базе intel Core i5 - 2 шт. Монитор черный Dell – 2шт. Клавиатура – 2 шт. Мышь – 2 шт. Стол – 2 шт.</p>
Ауд. 725 для проведения лекционных занятий	<p>Столы, стулья, доска настенная, посадочные места на 15 человек, проекционное оборудование, экран. Доступ в интернет и обеспечение доступа в ЭИОС института. Переносной ноутбук – 1 шт. Проектор – 1 шт. Экран для проектора – 1шт. Указка лазерная – 1шт. Доска магнитно-маркерная – 1 шт.</p>
Ауд. 703 для проведения лекционных занятий	<p>Столы, стулья, доска настенная, посадочные места на 22 человека, проекционное оборудование, экран. Доступ в интернет и обеспечение доступа в ЭИОС института. Переносной ноутбук – 1 шт. Проектор – 1 шт. Экран для проектора – 1шт. Указка лазерная – 1шт. Доска магнитно-маркерная – 1 шт.</p>
Комната 208. Хранение и профилактическое обслуживание учетного оборудования	<p>Компьютер в комплекте: системный блок interCorei3 - 1шт. Монитор черный Beng. Клавиатура – 2шт. Мышь – 2шт. Компьютер в комплекте: Системный блок inter Core i5/8GbDDR4/ASUS Монитор BengGW 2270 черный МФУ – 1шт. МФУ imageRUNNERC3051,</p>

цветной Проектор SonyVPL –DW 122. Экран на штативе ClassicScutum 160*160 Экран мобильный 180*180 в комплекте DSK -1102.
--

Автор(ы) программы:

Старший научный сотрудник, к.х.н.

Зав. Учебным центром




А.С. Мокрушин

А.Н. Терехова