

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени И.С. ТУРГЕНЕВА»

**ПРОГРАММА  
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ**

**Химическая технология наноматериалов**

направление подготовки

28.04.03 Наноматериалы

Профиль: Химическая технология наноматериалов

2025

**Целью проведения вступительного испытания является оценка готовности поступающего в магистратуру к освоению образовательной программы направления подготовки 28.04.03 Наноматериалы.**

**Задачи вступительного испытания:**

1. Определение практической и теоретической подготовленности поступающего;

2. Выявление соответствия знаний, умений и навыков поступающего требованиям обучения в магистратуре по направлению подготовки;

3. Определение готовности поступающего к решению профессиональных задач в соответствии с видами профессиональной деятельности;

4. Выявление умения использовать современные теоретические модели и экспериментальные методы для решения научных и практических задач.

### **Требования к уровню подготовки поступающих**

#### **Поступающий должен:**

**Знать:** способы получения наноматериалов и основные закономерности и примеры влияния микро- и наномасштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и наноматериалов; средства измерения для изучения и определения свойств наноматериалов; приемы испытания и диагностики наноматериалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации; основные физико-химические, эксплуатационные и технологические характеристики наноструктурированных материалов.

**Уметь:** применять основные методы исследований, испытаний и диагностики материалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания, в том числе анализ проб на соответствие установленным требованиям; подбирать технологические параметры процесса производства наноматериалов и прогнозировать влияние микро- и наномасштаба на свойства веществ и материалов; анализировать результаты испытаний наноматериалов; модифицировать методики, способы и параметры технологического процесса получения материалов с заранее заданными свойствами.

**Владеть:** основными принципами и методиками комплексных исследований, испытаний и диагностики наноматериалов, изделий и процессов их производства, обработки и модификации, включая стандартные и сертификационные испытания; методами анализа экспериментальных данных для определения оптимальных технологических параметров процесса производства наноматериалов.

### **Форма проведения и продолжительность вступительного испытания**

Вступительное испытание проводится с использованием дистанционных технологий. Вступительное испытание проводится в форме тестирования.

Общая продолжительность выполнения экзаменационной работы составляет 1 час 40 минут (100 минут).

## **Критерии оценки и структура экзаменационных заданий**

Экзаменационные задания распределены на три части:

- в части 1 используются тестовые задания закрытого типа с выбором одного ответа (из четырех предложенных); за каждый правильный ответ экзаменующийся получает по 1 баллу, максимальное время на выполнение одного задания составляет 1 минуту, количество заданий - 60;

- в части 2 используются тестовые задания закрытого типа с выбором множественного ответа (из пяти предложенных), тестовые задания на установление последовательности, тестовые задания на установление соответствия, тестовые задания открытого типа (с открытым вопросом) с учетом падежа, склонения, с кратким ответом (без записи решения); за каждое полностью правильно выполненное задание экзаменующийся получает по 2 балла, максимальное время на выполнение одного задания составляет 2 минуты, количество заданий - 10;

- в части 3 – тестовые задания открытого типа (с открытым вопросом) с развернутым ответом (полная запись ответа с обоснованием), максимальное время на выполнение одного задания составляет 5 минут, количество заданий - 4;

Критерии оценивания заданий части 3 представлены в таблице 1:

Таблица 1

### **Критерии оценивания заданий части 3**

| <b>№ задания</b>                                 | <b>Критерии оценивания</b>   | <b>Балл</b> |
|--|--|-------------|
| 1  | Дано полное, логичное определение понятия, с использованием терминологического аппарата науки  | 1           |
|  | В полном объеме указаны свойства соединений (или систем)   | 1           |
|  | Перечислены области применения соединений (или систем) в области науки и техники (не менее 3-х)  | 1           |
|  | Приведены примеры (не менее 2-х) соединений (или систем)   | 1           |
|  | Приведены примеры (не менее 2-х) использования соединений (или систем) в химической технологии   | 1           |
|  | <b>Максимальное количество баллов за задание</b>   | <b>5</b>    |
| 2  | Дано полное, логичное, определение с использованием терминологического аппарата науки  | 1           |
|  | Перечислены все виды рассматриваемых методов   | 1           |
|  | Перечислены все требования к химическим реакциям и процессам, используемым в рассматриваемом методе, для каждого вида требований приведены примеры и записаны уравнения возможных химических реакций | 1           |
|  | Дано полное, логичное определение видов рассматриваемого процесса, с использованием терминологического аппарата науки  | 1           |
|  | Приведены схемы практической реализации рассматриваемых методов  | 1           |
| <b>Максимальное количество баллов за задание</b> |  | <b>5</b>    |
| 3  | Правильно записаны уравнения реакции (или реакций),  | 1           |

|   |   |    |
|---|---|----|
|   | соответствующих условию задания   |    |
|   | Правильно произведены вычисления, в которых используются необходимые физические величины, заданные в условии задания; | 1  |
|   | Продемонстрирована логически обоснованная взаимосвязь физических величин, на основании которых проводятся расчёты;    | 2  |
|   | В соответствии с условием задания определена искомая физическая величина  | 1  |
| Максимальное количество баллов за задание |   | 5* |
| 4   | Правильно записаны уравнения реакции (или реакций), соответствующих условию задания                                   | 1  |
|   | Правильно произведены вычисления, в которых используются необходимые физические величины, заданные в условии задания; | 1  |
|   | Продемонстрирована логически обоснованная взаимосвязь физических величин, на основании которых проводятся расчёты;    | 2  |
|   | В соответствии с условием задания определена искомая физическая величина  | 1  |
| Максимальное количество баллов за задание |   | 5* |

\* *Примечание.* В случае, когда в ответе содержится ошибка в вычислениях, которая привела к неверному ответу, оценка за выполнение задания снижается только на 1 балл.

За первую часть поступающий может максимально получить 60 баллов, за вторую – 20, за третью – 20. Таким образом, максимальная сумма, которую может набрать поступающий в магистратуру на вступительном испытании, равна 100 баллов.

#### **Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания**

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительных испытаний, при приеме на обучение по программам магистратуры в ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева» составляет 51 балл.

## **Содержание программы**

### **Раздел 1. Основные понятия о наноматериалах и нанотехнологии.**

Понятия нанообъект, наноструктура, нанотехнология, наноматериал. История развития науки о наноструктурах и наноматериалах. Современное состояние и перспективы развития нанотехнологии на современном этапе. Причины возникновения особых свойств нанообъектов и наноструктурированных систем. Зависимость свойств от размера частиц (размерный эффект). Влияние размерного фактора на свойства наноматериалов.

**Раздел 2. Устойчивость нанообъектов. Роль межфазных границ в формировании свойств наноматериалов.**

Особенности термодинамики нанообъектов. Равновесные и неравновесные нанообъекты и наноструктуры. Кинетика процессов в наносистемах. Агрегация, флокуляция, коалесценция. Стабилизация нанообъектов.

### **Раздел 3. Основные типы наноструктур и наноматериалов.**

Полупроводниковые наноструктуры: квантовые ямы, нити и точки. Гетероструктуры. Сверхрешетки. Квантовый лазер. Представление о зонной теории проводников, диэлектриков и полупроводников. Классификация порошков. Физико-химические основы получения и применения нанопорошков. Консолидированные наноматериалы. Основные типы композиционных наноматериалов. Характеристики матриц и наполнителей. Физические и химические свойства неорганических и органических композиционных материалов. Полимерные нанокомпозиты. Нанокерамика. Углеродные наноматериалы: типы (фуллерены, углеродные нанотрубки и нановолокна, наноалмазы, графен), физические и химические свойства, области применения. Пористые наноматериалы: классификация пор по размеру, физические и химические свойства и области применения и способы получения. Мембранные: классификация, получение и области применения. Мицеллы, микроэмulsionи, лиотропные жидкые кристаллы. Наноструктурированные гели. Золи. Магнитные жидкости. Пленки Ленгмюра-Блоджетт.

### **Раздел 4. Методы получения наноструктур и наноматериалов.**

Классификация методов получения наноструктур и наноматериалов. Возгонка-десублимация. Способы подвода энергии для возгонки (использование внешних нагревателей; резистивный, плазменный, лучевой и электронно-лучевой нагрев). Лазерная абляция. Диспергирование в электродуговом разряде. Механическое, ультразвуковое и детонационное измельчение.

Физические методы получения массивных наноструктурированных материалов. Метод Глейтера. Интенсивная пластическая деформация. Образование наноструктур при кристаллизации аморфных материалов. Физические методы получения пленок и покрытий: напыление (термическое, электронно-лучевое, магнетронное). Понятие об эпитаксии. Молекулярно-лучевая эпитаксия. Литография и нанолитография.

Химические методы получения наночастиц в газовой фазе. Реакции термического разложения. Реакции типа газ – твердое тело. Реакции химического осаждения из газовой фазы и их разновидности.

Химические методы получения пленок и покрытий: химическое осаждение металлоорганических соединений из газовой фазы.

Химические методы получения нанонитей и нанотрубок. Формирование углеродных и неуглеродных нанотрубок. Каталитический пиролиз углеводородов. Химическое модифицирование нанотрубок. Синтез наночастиц методами осаждения. Синтез наночастиц в полярных и неполярных средах. Основные факторы, влияющие на размер наночастиц. Кинетический контроль роста наночастиц. Стабилизация синтезированных наночастиц в растворах - электростатическая, адсорбционная, хемосорбционная.

Золь-гель технология наночастиц и нанопористых материалов: основные стадии процесса. Области применения, примеры синтеза. Особенности гидролиза и поликонденсации в щелочной и кислой среде. Гелеобразование и синерезис. Удаление растворителя - образование ксерогелей и аэрогелей. Влияние состава реакционной среды и условий протекания процесса на морфологию синтезируемого наноматериала.

Синтез наночастиц в сверхкритических жидкостях: общая характеристика, области применения. Варианты гидро- и сольвотермального синтеза. Основные параметры, влияющие на морфологию синтезируемых наноматериалов. Периодический и непрерывный способы организации гидро- и сольвотермального синтеза.

Образование наночастиц при распылении растворов в пламени (мокрое сжигание). Выпаривание и пиролиз аэрозолей. Влияние состава исходного раствора и технологических параметров процесса на размер и морфологию синтезируемых наночастиц. Способы распыления жидкости. Агломерация наночастиц и получение нанопористых материалов.

Криохимический метод синтеза наночастиц: общая характеристика, основные стадии процесса. Сверхбыстрое охлаждение. Способы замораживания и удаления растворителя. Используемые хладоагенты.

Электрохимические методы получения наноматериалов. Катодные и анодные процессы, приводящие к синтезу наноматериалов. Получение тонких пленок и наноструктурированных покрытий. Электроосаждение наночастиц. Формирование композитных покрытий, состоящих из металла и осажденных наночастиц.

Мицеллярные системы и микроэмulsionи для синтеза наночастиц. Основные факторы, влияющие на размер и форму синтезируемых наночастиц.

## **Раздел 5. Основные инструментальные методы изучения наноматериалов и наноструктур.**

Сканирующая электронная микроскопия: принцип действия растрового электронного микроскопа, области применения и требования к объектам исследования. Просвечивающая электронная микроскопия: принцип действия просвечивающего электронного микроскопа, области применения и требования к объектам исследования. Туннельная и атомно-силовая зондовая микроскопия: принцип действия, области применения и требования к объектам исследования. Дифракционные методы анализа наночастиц и наноматериалов: принципы, классификация, области применения. ИК- и КР-спектроскопия для изучения природы наночастиц и наноматериалов: принципы, области применения.

## Литература

### Основная литература

1. Илюшин, В. А. Наноматериалы : учебное пособие / В. А. Илюшин. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2019. — 114 с. — ISBN 978-5-7782-3858-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98719.html>
2. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие / Е. Д. Мишина, Н. Э. Шерстюк, А. А. Евдокимов [и др.] ; под редакцией А. С. Сигова. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 185 с. — ISBN 978-5-93208-545-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/88492.html>
3. Нанохимия и наноматериалы : учебное пособие / Т.И. Шабатина, А.М. Голубев. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. - 63 с. - ISBN 978-5-7038-3965-2. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/58569>
4. Методы получения и исследования наноматериалов и наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие / Е. Д. Мишина, Н. Э. Шерстюк, А. А. Евдокимов [и др.] ; под редакцией А. С. Сигова. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 185 с. — ISBN 978-5-93208-545-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/88492.html>
5. Нажипкызы, М. Физико-химические основы нанотехнологий и наноматериалов : учебное пособие / М. Нажипкызы, Р. Е. Бейсенов, З. А. Мансуров. — Алматы, Москва : EDP Hub (Идипи Хаб), Ай Пи Ар Медиа, 2023. — 194 с. — ISBN 978-5-4497-2156-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/129435.html>
6. Физикохимия неорганических композиционных материалов : учебное пособие / А.И. Хацринов, Ю.А. Хацринова, А.З. Сулейманова, О.Ю. Хацринова. — Казань : КНИТУ, 2016. — 116 с. — ISBN 978-5-7882-2085-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/102110>
7. Илюшин В.А. Физикохимия наноструктурированных материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Илюшин В.А.— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2013.— 107 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45188.html>.— ЭБС «IPRbooks»
8. Рыжонков, Д. И. Наноматериалы : учебное пособие / Д. И. Рыжонков, В. В. Лёвина, Э. Л. Дзидзигури ; художник С. Инфантэ. — 6-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2021. — 368 с. — ISBN 978-5-93208-550-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/176410>
9. Поленов, Ю. В. Наноматериалы и нанотехнологии : учебник для спо / Ю. В. Поленов, Е. В. Егорова. — 2-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 180 с. — ISBN 978-5-8114-8837-7. — Текст : электронный //

Лань: электронно-библиотечная система. — URL:  
<https://e.lanbook.com/book/182129>.

10. Елисеев, А. А. Функциональные наноматериалы : учебное пособие / А. А. Елисеев, А. В. Лукашин ; под редакцией Б. Д. Третьякова. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 456 с. — ISBN 978-5-9221-1120-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/59578>
11. Звонарев, С. В. Функциональные и конструкционные наноматериалы : учебно-методическое пособие / С. В. Звонарев. — Екатеринбург : УрФУ, 2018. — 132 с. — ISBN 978-5-7996-2474-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/170133>
12. Векилова Г.В. Дифракционные и микроскопические методы и приборы для анализа наночастиц и наноматериалов : учебное пособие / Векилова Г.В., Иванов А.Н., Ягодкин Ю.Д.. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2009. — 145 с. — ISBN 978-5-87623-228-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98165.html>
13. Основы технологий наноматериалов : учебное пособие (лабораторный практикум) / составители И. М. Шевченко [и др.]. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2022. — 62 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/135716.html>
14. Витязь П.А. Основы нанотехнологий и наноматериалов : учебное пособие / Витязь П.А., Свидунович Н.А.. — Минск : Вышэйшая школа, 2010. — 302 с. — ISBN 978-985-06-1783-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/20108.html>
15. Морис, П. Поверхность и межфазные границы в окружающей среде. Отnanoуровня к глобальному масштабу / П. Морис ; перевод А. В. Сорокина, Н. И. Харитонова, С. А. Бусева ; под редакцией В. И. Свитова. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2022. — 541 с. — ISBN 978-5-93208-579-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/120879.html>
16. Инновационные технологии и научные основы создания микро- и наноматериалов : монография / В. А. Власов, Г. Г. Волокитин, Н. К. Скрипникова [и др.]. — Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2021. — 120 с. — ISBN 978-5-93057-982-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/123741.html>

## Дополнительная литература

1. Магазинников, А. Л. Введение в квантовую механику : учебное пособие / А. Л. Магазинников, В. А. Мухачев. — Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. — 112 с. — ISBN 978-5-4332-0046-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/123741.html>

<http://www.iprbookshop.ru/13860.html> (дата обращения: 12.10.2019). — Режим доступа: для авторизир. Пользователей. Режим доступа: <http://194.226.186.8/MegaPro/Web>

2. Белов Н.П. Основы кристаллографии и кристаллофизики. Часть I. Введение в теорию симметрии кристаллов : учебное пособие / Белов Н.П., Покопцева О.К., Яськов А.Д.. — Санкт-Петербург : Университет ИТМО, 2009. — 45 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/67480.html>
3. Ваулина Екатерина Юрьевна. Новейшая физическая терминология: нанотехнологии [Текст] / Е. Ю. Ваулина. - СПб. : СПбГУ, 2014. - 352с. - (Слова, которые следует знать). - ISBN 978-5-8465-1382-2.
4. Диагностика физико-механических характеристик наноматериалов. Часть 2 : учебное пособие для бакалавров технических вузов направлений подготовки 15.03.02, 27.03.05, 28.03.01, 28.03.02 / И.Н. Шубин [и др.]. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2015. — 80 с. — ISBN 978-5-8265-1468-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR
5. Моделирование процессов ресурсосберегающей обработки слитковых, порошковых, наноструктурных и композиционных материалов : монография / М. Х. Шоршоров, А. Е. Гвоздев, А. Н. Сергеев [и др.]. — Москва, Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. — 360 с. — ISBN 978-5-9729-0596-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/115139.html>
6. Никифорова, Э. М. Физикохимия керамических, композиционных и наноматериалов : учебное пособие / Э. М. Никифорова, Р. Г. Еромасов, А. Ф. Шиманский. — Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2016. — 156 с. — ISBN 978-5-7638-3577-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/84176.html>
7. Комиссаров, А. А. Металлические наноматериалы для медицины : учебное пособие / А. А. Комиссаров, С. О. Рогачев. — 2-е изд. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2020. — 104 с. — ISBN 978-5-907227-04-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/106873.html>
8. Обухова О.В. Информационные технологии в профессиональной деятельности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Обухова О.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московская государственная академия водного транспорта, 2008.— 102 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/46712.html>
9. Метрологическое обеспечение нанотехнологий и продукции наноиндустрии : учебное пособие / О.Д. Анашина [и др.]. — Москва : Логос, 2011. — 591 с. — ISBN 978-5-98704-613-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/33401.html>
10. Гржегоржевский К.В. Основы молекулярной спектроскопии. Спектры оптического поглощения и люминесценции, применение в изучении полиоксометаллатных нанокластеров : учебное пособие / Гржегоржевский К.В., Остроушко А.А.. — Екатеринбург : Уральский

- федеральный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 212 с. — ISBN 978-5-7996-1652-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/66564.html>
- 11.Шабанова, Н. А. Коллоидная химия нанодисперсного кремнезема / Н. А. Шабанова. — 2-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 329 с. — ISBN 978-5-00101-899-5. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/98544.html>
- 12.Метаматериалы и структурно организованные среды для оптоэлектроники, СВЧ-техники и нанофотоники / А. Ю. Авдеева, А. С. Александровский, А. Х. Антоненко [и др.] ; под редакцией В. Ф. Шабанов, В. Я. Зырянов. — Новосибирск : Сибирское отделение РАН, 2013. — 368 с. — ISBN 978-5-7692-1310-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/32823.html>
- 13.Деффейс, К. Удивительные наноструктуры / К. Деффейс, С. Деффейс, ред. Л. Н. Патрикеева ; перевод А. В. Хачоян. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 207 с. — ISBN 978-5-9963-2501-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/12276.html>
- 14.Раков, Э. Г. Неорганические наноматериалы : учебное пособие / Э. Г. Раков. — 3-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 478 с. — ISBN 978-5-00101-741-7. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/24143.html>
- 15.Андреевский, Р. А. Наноматериалы на металлической основе в экстремальных условиях : учебное пособие / Р. А. Андреевский. — 2-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 103 с. — ISBN 978-5-00101-932-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/99865.html>