

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Российский химико-технологический университет  
имени Д. И. Менделеева»



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

С.Н. Филатов

» 05 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Магнитные наноматериалы»**

**Направление подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии  
материалов**

**Профиль «Материаловедение и технологии наноматериалов и  
наносистем»**

**Квалификация «бакалавр»**

**РАССМОТРЕНО И ОДОБРЕНО**

На заседании Методической комиссии

Ученого совета

РХТУ им. Д.И. Менделеева

« 25 » мая 2021 г.

Председатель  Н.А. Макаров

**Москва 2021**

Программа составлена старшим преподавателем кафедры наноматериалов и нанотехнологии Шарапаевым А.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры наноматериалов и нанотехнологии «28» апреля 2021 г., протокол № 11.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Требования к результатам освоения дисциплины.....	4
3. Объем дисциплины и виды учебной работы .....	1
4. Содержание дисциплины.....	2
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий .....	2
4.2. Содержание разделов дисциплины.....	3
5. Соответствие содержания требованиям к результатам освоения дисциплины .....	4
6. Практические и лабораторные занятия .....	5
6.1. Практические занятия .....	5
6.2. Лабораторные занятия .....	5
7. Самостоятельная работа .....	6
8. Примеры оценочных средства для контроля освоения дисциплины.....	6
9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	10
9.1. Рекомендуемая литература.....	10
9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации .....	10
9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины .....	10
10. Методические указания для обучающихся.....	11
10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий .....	11
10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий .....	12
11. Методические указания для преподавателей .....	12
11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий .....	12
11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий .....	12
12. Перечень информационных технологий, используемых в образовательном процессе .	13
13. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	19
13.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе: .....	19
13.2. Учебно-наглядные пособия:.....	19
13.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства: .....	19
13.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы: .....	19
13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:.....	19
14. Требования к оценке качества освоения программ.....	20
15. Особенности организации образовательного процесса для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья .....	22

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем», рекомендациями методической комиссии и накопленным опытом преподавания дисциплин профиля кафедрой наноматериалов и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Программа относится к вариативной части учебного плана, к блоку дисциплин по выбору.

**Цель дисциплины** - приобретение знаний, умений и формирование компетенций в области теории и практики разработки и использования магнитных материалов, включая магнитные наноматериалы.

**Основной задачей дисциплины** является формирование у обучающихся представлений об основных понятиях физики магнетизма и магнитных наночастиц, влиянии размера частиц на их магнитные свойства, классификацией магнитных наноматериалов, способами управления их характеристиками и путями практического использования, а также ознакомление обучающихся с основными методами исследования магнитных свойств материалов.

Дисциплина «*Магнитные наноматериалы*» преподается в 6 семестре. Контроль успеваемости студентов ведется по принятой в университете рейтинговой системе.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины «Магнитные наноматериалы» при подготовке бакалавров по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем» направлено на формирование следующих компетенций:

## Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Задача профессиональной деятельности	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (профессиональный стандарт, анализ опыта) Обобщённые трудовые функции
<b>Тип задач профессиональной деятельности: научно-исследовательский</b>				
<p>– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников;</p> <p>– участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору</p>	<p>- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия;</p> <p>- методы исследований, испытаний, диагностики и контроля качества наноматериалов, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, твердых, жидких,</p>	<p><b>ПК-1</b> Способен использовать на практике знания об основных типах металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов</p>	<p>ПК-1.1. Знает основные типы металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов</p> <p>ПК-1.3. Владеет методами поиска и анализа информации об основных типах материалов и о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н.</p> <p>А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)</p> <p>Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств</p>

<p>наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>гелеобразных и аэрозольных наносистем, методы диагностики и анализа нанодисперсных частиц, нанопленок и наносистем.</p>			<p>наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)</p>
--	--	--	--	---

<p>– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников;</p> <p>– участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов, проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, и</p>	<p>- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия;</p> <p>- процессы получения, обработки и модификации наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред;</p>	<p>ПК-4 Способен прогнозировать влияние микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>	<p>ПК-4.1. Знает основные закономерности и примеры влияния микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p> <p>ПК-4.2 Умеет прогнозировать влияние микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов.</p> <p>ПК-4.3. Владеет методами оценки влияния микро- и нано-масштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б) В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б) Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н. С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств</p>
--	---	---	---	---

<p>других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>				<p>наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – б) Анализ опыта</p>
<p>– сбор и анализ данных о существующих типах и марках наноматериалов и наносистем, их структуре и свойствах применительно к решению поставленных задач с использованием баз данных и литературных источников; – участие в работе группы специалистов при выполнении экспериментов,</p>	<p>- основные типы наноматериалов и наносистем неорганической (металлических и неметаллических) и органической (полимерных, углеродных) природы, твердые, жидкие, гелеобразные, аэрозольные, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия; - процессы получения, обработки и модификации</p>	<p>ПК-5 Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований наноматериалов и процессов их получения, обработки и модификации</p>	<p>ПК-5.1 Знает основные типы наноматериалов, процессы их получения и методы исследований их физико-химических свойств</p>	<p>Профессиональный стандарт 26.006 «Специалист по разработке наноструктурированных композиционных материалов», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.09.2015 № 604н. А: Лабораторно-аналитическое сопровождение разработки наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – б) В: Научно-техническая разработка и методическое сопровождение в области</p>



<p>проведению расчетов и обработке их результатов по созданию, исследованию и выбору наноматериалов и наносистем, оценке эксплуатационных характеристик с помощью комплексного анализа структуры и физико-механических, коррозионных и других свойств, устойчивости к внешним воздействиям; сбор научно-технической информации по тематике экспериментов для составления обзоров, отчетов и научных публикаций, участие в составлении отчетов по выполненному заданию.</p>	<p>наноматериалов, включая наноструктурные пленки и покрытия, полуфабрикатов, заготовок деталей и изделий на их основе, а также технологические процессы с участием наноструктурированных сред;</p>			<p>создания наноструктурированных композиционных материалов (уровень квалификации – 6)  Профессиональный стандарт 40.104 «Специалист по измерению параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур», утвержденный приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от «7» сентября 2015 г. № 593н.  С: Совершенствование процессов измерений параметров и модификации свойств наноматериалов и наноструктур (уровень квалификации – 6)  Анализ опыта</p>
--	---	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен **знать:**

- типы магнитного упорядочения и классификацию магнитоупорядоченных материалов;
- основные характеристики ферро- и ферримагнитных материалов;
- связь макроскопических магнитных характеристик с внутренней структурой материала;
- существующие и перспективные области применения магнитных наноматериалов;
- способы получения основных типов магнитных наноматериалов и особенности выбора метода для обеспечения требуемых магнитных свойств.

**уметь:**

- теоретически оценивать магнитные характеристики новых ферро- и ферримагнитных материалов основных классов;
- производить обоснованный выбор состава, структуры и способа получения магнитных наноматериалов для конкретных областей применения;
- проводить анализ магнитометрических исследований и сопоставление их результатов с составом и структурой исследованных магнитных наноматериалов;
- применять теоретические знания в области магнетизма наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии.

**владеть:**

- навыками получения основных классов магнитных наноматериалов;
- методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения магнитных наноматериалов;
- навыками освоения и применения новых методов исследования магнитных свойств наноматериалов.

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Вид учебной работы	Всего		Семестр 6 семестр	
	ЗЕ	Акад. ч.	ЗЕ	Акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	<b>4,0</b>	<b>144</b>	<b>4,0</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>
Лекции	0,89	32	0,89	32
Практические занятия (ПЗ)	0,44	16	0,44	16
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>	<b>2,67</b>	<b>96</b>
Контактная самостоятельная работа		0,2		0,2
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	2,67	95,8	2,67	95,8
<b>Виды контроля:</b>				
<b>Зачет</b>	+	+	+	+
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет</b>			

Вид учебной работы	Всего	Семестр
--------------------	-------	---------

			6 семестр	
	ЗЕ	Астр. ч.	ЗЕ	Астр. ч.
Общая трудоемкость дисциплины	<b>4,0</b>	<b>108</b>	<b>4,0</b>	<b>108</b>
<b>Контактная работа – аудиторные занятия:</b>	<b>1,33</b>	<b>48</b>	<b>1,33</b>	<b>36</b>
Лекции	0,89	24	0,89	24
Практические занятия (ПЗ)	0,44	12	0,44	12
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2,67</b>	<b>72</b>	<b>2,67</b>	<b>72</b>
Контактная самостоятельная работа	2,67	0,15	2,67	0,15
Самостоятельное изучение разделов дисциплины		71,85		71,85
<b>Виды контроля:</b>				
<i>Зачет</i>	+	+	+	+
Контактная работа – промежуточная аттестация	-	-	-	-
<b>Вид итогового контроля:</b>	<b>Зачет</b>			

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 4.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п.п.	Раздел дисциплины	Академ. часов				
		Всего	Лек-ции	Прак. зан.	Лаб. работы	Сам. работа
<b>1</b>	Основы магнетизма и теории магнитного упорядочения	<b>46</b>	10	4	-	32
<b>1.1</b>	Основы магнетохимии	10	2	-	-	8
<b>1.2</b>	Магнитное упорядочение в материалах	18	4	2	-	12
<b>1.3</b>	Магнитная анизотропия и магнитострикция.	18	4	2	-	12
<b>2</b>	Типы магнитных наноматериалов и области их применения	<b>48</b>	12	6	-	30
<b>2.1</b>	Доменная структура и процессы намагничивания	16	4	2	-	10
<b>2.2</b>	Основные типы магнитных наноматериалов и особенности их магнитных свойств	16	4	2	-	10
<b>2.3</b>	Магнитные жидкости	16	4	2	-	10
<b>3</b>	Взаимодействие наноматериалов с электромагнитными полями и методы исследования	<b>50</b>	10	6	-	34
<b>3.1</b>	Магнитные резонансы и индуцированные магнитным полем магнитные фазовые переходы	18	4	2	-	12
<b>3.2</b>	Наноматериалы для магнитной записи информации	14	2	2	-	10
<b>3.2</b>	Методы исследования магнитных наноматериалов	18	4	2	-	12
<b>Всего часов</b>		<b>144</b>	<b>32</b>	<b>16</b>	<b>-</b>	<b>96</b>

## 4.2. Содержание разделов дисциплины

### Раздел 1. Основы магнетизма и теории магнитного упорядочения

**Основы магнетохимии.** Основные понятия. Классификация веществ по отношению к магнитному полю. Классические и квантово-механические трактовки диа- и парамагнетизма. Закон Кюри-Вейсса. Спиновый и орбитальный магнитные моменты. Орбитальное вырождение. Парамагнетизм соединений d- и f-элементов, парамагнетизм электронов проводимости.

**Магнитное упорядочение в материалах.** Обменное взаимодействие. Модель Гайзенберга-Дирака-Ван-Флека. Механизмы обмена, типы обмена, примеры обменных кластеров. Типы магнитного упорядочения. Спонтанная намагниченность. Магнитный момент в ферро- и ферримагнетиках. Представления теории молекулярного поля Вейсса. Температурные зависимости магнитной восприимчивости. Ферримагнетики – ферриты шпинели, теория Нееля, ферриты гранаты, гексагональные ферриты.

**Магнитная анизотропия и магнитострикция.** Связь структуры магнитных характеристик материала. Магнитокристаллическая анизотропия, обменная магнитная анизотропия и анизотропия формы. Магнитоупругое взаимодействие, магнитострикция. Магнитостатическая энергия, размагничивающее поле. Слабый ферромагнетизм. Пьезомагнитный и магнитоэлектрический эффект.

### Раздел 2. Типы магнитных наноматериалов и области их применения

**Доменная структура и процессы намагничивания.** Доменная структура, границы доменов. Магнетосопротивление. Основные виды магнитных материалов. Доменная структура одноосных ферромагнетиков. Движение доменной стенки. Динамика магнитных доменов. Процесс намагничивания, стабилизация магнитного состояния и динамические эффекты процесса намагничивания. Основные типы магнитотвёрдых и магнитомягких материалов, и их дисперсные состояния, сравнительные характеристики, способы получения, взаимосвязи состав-структура-свойства.

**Основные типы магнитных наноматериалов и особенности их магнитных свойств.** Влияние размера частиц на магнитные свойства. Основные параметры, зависящие от размерного эффекта. Изменение коэрцитивной силы с уменьшением размера частицы. Внутренний и внешний суперпарамагнетизм. Температура блокировки. Оценка размеров наночастиц по данным магнитной восприимчивости. Магнитные свойства анизотропных наночастиц. Устройства записи, хранения и преобразования информации на основе ферромагнетиков. Материалы с коллосальным магнетосопротивлением. Магнитоактивные нанокомпозиты и материалы для магнитной записи. Магнитные сенсоры. Магнитооптические устройства. Устройства спинтроники. Магнитокалорические материалы и, особенности кристаллической структуры, методов получения и пути практического использования. Магнитные наноматериалы в медицине.

**Магнитные жидкости.** Основные характеристики дисперсий магнитных частиц. Условия устойчивости магнитных жидкостей. Поведение магнитной жидкости в неоднородном магнитном поле, основы феррогидродинамики. Поведение магнитных и немагнитных частиц в магнитной жидкости в магнитном поле: магнитная левитация и разделение материалов по плотности. Основные применения магнитных жидкостей: магнитная сепарация, магнитожидкостные уплотнения, магнитожидкостные амортизаторы и демпферы.

### Раздел 3. Взаимодействие наноматериалов с электромагнитными полями и методы исследования

**Магнитные резонансы и индуцированные магнитным полем магнитные фазовые переходы.** Индуцированные магнитным полем спин-ориентационные переходы. Индуцированные магнитным полем неколлинеарные магнитные структуры в ферримагнетиках. Основы теории магнитных резонансов. Ферромагнитный резонанс.

Ферромагнитный резонанс. Антиферромагнитный резонанс. Влияние структуры и магнитных свойств материала на резонансную частоту при естественном ферромагнитном резонансе. Применение ферро- и ферромагнитных наночастиц для создания материалов и покрытий со сниженной радио-заметностью. Ядерный магнитный резонанс – основы метода, спин-спиновая и спин-решеточная релаксация, принципы ЯМР-томографии и использование наночастиц в качестве контрастных агентов.

**Наноматериалы для магнитной записи информации.** Наноматериалы, используемые в носителях информации вычислительной техники. Эволюция подходов и современные возможности повышения плотности магнитной записи.

**Методы исследования магнитных наноматериалов.** Методы измерения магнитной восприимчивости: метод Гуи, весы Фарадея, вибромагнетометр, СКВИД-магнетометр, индуктивные измерения. Принципы измерений, стандарты, обработка данных измерений. Мессбауэровская спектроскопия – теоретические основы метода, принципы устройства приборов, обработка и интерпретация данных измерений.

## 5. СООТВЕТСТВИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТРЕБОВАНИЯМ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
	<b>Знать:</b>			
1	типы магнитного упорядочения и классификацию магнитоупорядоченных материалов;	+	+	
2	основные характеристики ферро- и ферромагнитных материалов;	+	+	
3	связь макроскопических магнитных характеристик с внутренней структурой материала;		+	+
4	существующие и перспективные области применения магнитных наноматериалов;		+	
5	способы получения основных типов магнитных наноматериалов и особенности выбора метода для обеспечения требуемых магнитных свойств;		+	
	<b>Уметь:</b>			
6	теоретически оценивать магнитные характеристики новых ферро- и ферромагнитных материалов основных классов;	+	+	
7	производить обоснованный выбор состава, структуры и способа получения магнитных наноматериалов для конкретных областей применения;		+	
8	проводить анализ магнитометрических исследований и сопоставление их результатов с составом и структурой исследованных магнитных наноматериалов;		+	+
9	применять теоретические знания в области магнетизма наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии;	+	+	+
	<b>Владеть:</b>			
10	навыками получения основных классов магнитных наноматериалов;		+	

№	В результате освоения дисциплины студент должен:	Раздел 1	Раздел 2	Раздел 3
11	методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения магнитных наноматериалов;	+	+	+
12	навыками освоения и применения новых методов исследования магнитных свойств наноматериалов;			+
	<b>Код и наименование ПК</b>			
13	ПК-1 Способен использовать на практике знания об основных типах металлических, неметаллических и композиционных материалов различного назначения, о влиянии фазового и структурного состояния на свойства материалов	+	+	+
14	ПК-4 Способен прогнозировать влияние микро- и наномасштаба на механические, физические, химические и другие свойства веществ и материалов	+	+	+
15	ПК-5 Способен применять навыки использования принципов и методик комплексных исследований наноматериалов и процессов их получения, обработки и модификации	+	+	+

## 6. ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ

### 6.1. Практические занятия

Предусмотрены практические занятия обучающегося в бакалавриате в объеме 16 акад. ч. Практические занятия проводятся под руководством преподавателя и направлены на углубление теоретических знаний и приобретение навыков применения теоретических знаний в практической работе.

№ п/п	№ раздела дисциплины	Темы практических занятий	Часы
1	1	Магнитное упорядочение в материалах	2
2	1	Магнитная анизотропия и магнитострикция	2
3	2	Доменная структура и процессы намагничивания	2
4	2	Основные типы магнитных наноматериалов и особенности их магнитных свойств	2
5	2	Магнитные жидкости	2
6	3	Магнитные резонансы и индуцированные магнитным полем магнитные фазовые переходы	2
7	3	Наноматериалы для магнитной записи информации	2
8	3	Методы исследования магнитных наноматериалов	2

### 6.2. Лабораторные занятия

Учебным планом подготовки бакалавров по направлению 22.03.01 проведение практических занятий по дисциплине «Магнитные наноматериалы» учебным планом не предусмотрено.

## 7. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Рабочей программой дисциплины «Магнитные наноматериалы» предусмотрена самостоятельная работа обучающегося в объеме 60 часов (1,67 зач. ед.). Самостоятельная работа проводится с целью углубления знаний по дисциплине и предусматривает:

- регулярную проработку пройденного на практических занятиях учебного материала;
- подготовку к контрольным работам по материалу дисциплины;
- ознакомление и проработку рекомендованной литературы, работу с электронно-библиотечными системами, включая переводы публикаций из научных журналов, цитируемых в базах Scopus, Web of Science, Chemical Abstracts, РИНЦ;
- посещение отраслевых выставок, семинаров и конференций;
- участие в семинарах РХТУ им. Д.И. Менделеева по тематике дисциплины.

## 8. ПРИМЕРЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### Примеры контрольных вопросов для текущего контроля освоения дисциплины

Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний. Максимальная оценка контрольной работы составляет 20 баллов.

Контрольные работы по разделам 1 и 2 представляет собой набор из 2 контрольных заданий и тестовой части из 10 вопросов, затрагивающих темы, рассмотренные в рамках раздела, а также служащие закреплению ранее пройденного материала.

Пример варианта контрольной работы по разделу 1:

1. Оцените намагниченность насыщения материала следующего состава:  $Zn_{0,2}Fe_{2,8}O_4$ . Плотность материала примите равной  $5000 \text{ кг/м}^3$ . Данная шпинель является частично-обращённой – ионы цинка расположены в тетраэдрических положениях, ионы двухвалентного железа – в октаэдрических.
2. Определите коэрцитивную силу однодоменных вытянутых наночастиц железа, обусловленную анизотропией формы при намагничивании вдоль длинной оси частицы. Частицы имеют форму эллипсоида вращения, соотношение длинной и короткой осей эллипсоида – 5. Размагничивающие факторы вдоль осей примите равными 0,06 и 0,47 соответственно. Намагниченность насыщения материала примите равной 1,2 МА/м.

Пример тестовой части контрольной работы по разделу 1:

- 1) Магнитный момент атома (иона)...
  - а) определяется количеством не спаренных электронов;
  - б) зависит от характера спин-орбитального взаимодействия;
  - в) зависит от температуры;
  - г) зависит от магнитной восприимчивости материала.
- 2) По правилу Хунда электроны заполняют орбитали так, чтобы...
  - а) спиновое квантовое число подслоя было максимальным;
  - б) орбитальное квантовое число подслоя было максимальным;
  - в) главное квантовое число подслоя было максимальным;
  - г) магнитные квантовые числа были максимальны.
- 3) Магнитный момент атомов и ионов (в магнетонах Бора) численно равен:
  - а) величине спин-орбитального взаимодействия;
  - б) удвоенной разности спинов неспаренных электронов;

- в) произведению спинов неспаренных электронов;
  - г) удвоенной сумме спинов неспаренных электронов.
- 4) Парамагнетизм определяется:
- а) сверхобменным взаимодействием;
  - б) взаимодействием поля с магнитным моментом отдельного атома;
  - в) спин-орбитальным взаимодействием;
  - г) взаимодействием поля с магнитным моментом атомного ядра.
- 5) Антиферромагнетики:
- а) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых направлены в одну сторону;
  - б) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых направлены в противоположные стороны и равны между собой;
  - в) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых направлены в противоположные стороны и не равны между собой;
  - г) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых ориентированы под некоторым углом друг к другу (кроме  $0^\circ$  и  $90^\circ$ ).
- 6) Ферримагнетики:
- а) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых направлены в одну сторону;
  - б) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых направлены в противоположные стороны и равны между собой;
  - в) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых направлены в противоположные стороны и не равны между собой;
  - г) материалы, магнитные моменты соседних атомов в которых ориентированы под некоторым углом друг к другу (кроме  $0^\circ$  и  $90^\circ$ ).
- 7) Магнитная упорядоченность в металлических ферромагнетиках возникает в результате:
- а) индукции;
  - б) дедукции;
  - г) обменного взаимодействия;
  - д) сверхобменного взаимодействия.
- 8) Обменное (сверхобменное) взаимодействие:
- а) имеет классическую природу, не зависит от расстояния между атомами и ориентации связей;
  - б) имеет квантовую природу, зависит от расстояния между атомами и ориентации связей;
  - в) имеет квантовую природу, не зависит от расстояния между атомами и ориентации связей;
  - г) имеет квантовую природу, зависит от расстояния между атомами и температуры.
- 9) Энергия магнитной анизотропии:
- а) энергия, которую необходимо затратить для отклонения вектора намагниченности от оси лёгкого намагничивания;
  - б) энергия, которую необходимо затратить для возвращения вектора намагниченности к оси лёгкого намагничивания;
  - в) энергия, необходимая для изменения анизотропии материала за счёт магнитных сил;
  - г) энергия, расходуемая на нагрев материала.
- 10) Коэрцитивная сила:
- а) напряжённость магнитного поля, необходимая для намагничивания материала;
  - б) сила притяжения двух полюсов намагниченного материала;
  - в) сила отталкивания двух полюсов намагниченного материала;
  - г) напряжённость магнитного поля, необходимая для размагничивания материала.



Пример варианта контрольной работы по разделу 2:

1. Вычислите максимальный размер наночастиц  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  устойчивых к седиментации под действием внешнего магнитного поля, при напряжённости поля  $8 \cdot 10^4 \text{ А/м}$ , намагниченности насыщения частиц  $60 \text{ А} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$  и плотности материала  $5000 \text{ кг/м}^3$ . Температуру примите равной  $315 \text{ К}$ .
2. Энергетическим методом оцените намагниченность насыщения магнитной фазы, при которой магнитная жидкость, содержащая 35 % об. магнитного компонента, будет иметь эффективную плотность  $10 \text{ г/мл}$ . Плотность магнитного материала –  $5000 \text{ кг/м}^3$ , градиент напряжённости магнитного поля –  $6,3 \cdot 10^6 \text{ А/м}^2$ .

Пример тестовой части контрольной работы по разделу 2:

- 1) Магнитотвёрдые материалы:
  - а) магнитные материалы, имеющие твёрдость выше  $50 \text{ НВ}$ ;
  - б) магнитные материалы, имеющие твёрдость выше  $5 \text{ НВ}$ ;
  - в) магнитные материалы, имеющие коэрцитивную силу выше  $50 \text{ Э}$ ;
  - г) магнитные материалы, имеющие коэрцитивную силу выше  $5 \text{ Э}$ .
- 2) Магнитный домен:
  - а) область, в которой магнитные моменты атомов (ионов) направлены в одну сторону;
  - б) область, в которой направление магнитных моментов атомов изменяется на противоположное;
  - в) область, в которой градиент напряжённости магнитного поля направлен в одну сторону;
  - г) все варианты не верны.
- 3) При каком размере кристаллитов коэрцитивная сила достигает максимального значения:
  - а) при максимальном размере кристаллитов;
  - б) при размере кристаллитов больше однодоменного состояния;
  - в) при размере кристаллитов меньше однодоменного состояния;
  - г) при размере кристаллитов соответствующем однодоменному состоянию.
- 4) Образование доменной структуры в магнитных материалах вызвано:
  - а) стремлением системы к уменьшению поверхностной энергии;
  - б) стремлением системы к увеличению потенциальной энергии;
  - в) стремлением системы к уменьшению влияния размагничивающих полей;
  - г) стремлением системы к поддержанию термодинамического равновесия.
- 5) При нагревании ферромагнетика выше температуры Кюри происходит переход в:
  - а) диамагнитное состояние;
  - б) парамагнитное состояние;
  - в) суперпарамагнитное состояние;
  - г) супердиамагнитное состояние.
- 6) Суперпарамагнетизм возникает в результате:
  - а) возбуждения магнонов (квантов спиновых колебаний);
  - б) тепловых колебаний, приводящими к потере магнитной упорядоченности;
  - в) рассеяния фононов на магнонах (квантах спиновых колебаний);
  - г) тепловых колебаний, приводящих к вращению/перевороту магнитного момента без потери магнитной упорядоченности.
- 7) Внешний суперпарамагнетизм связан с:
  - а) вращением частицы как целого;
  - б) одновременным переворотом спинов атомов;
  - в) возбуждением магнонов (квантов спиновых колебаний);
  - г) магнитным разупорядочиванием материала.
- 8) При увеличении размера частиц магнитной жидкости наиболее быстро растёт:

- а) Ван дер Ваальсова составляющая межчастичного взаимодействия;
  - б) энергия стерической стабилизации;
  - в) энергия кулоновского отталкивания;
  - г) энергия магнитного взаимодействия.
- 9) В присутствии внешнего магнитного поля в магнитной жидкости происходит:
- а) образование коллоидосом;
  - б) образование «цепочек» магнитных наночастиц;
  - в) рост размеров магнитных наночастиц;
  - г) уменьшение размеров магнитных наночастиц.
- 10) Магнитная жидкость обязательно должна быть:
- а) нетоксичной;
  - б) нелетучей;
  - в) устойчивой к агрегации;
  - г) вязкой.

Контрольная работа по разделу 3 представляет собой набор из 2 открытых вопросов.

Пример варианта контрольной работы по разделу 3:

1. Оценка размера наночастиц из данных магнитной восприимчивости.
2. Мессбауэровская спектроскопия в применении к магнитным наноматериалам: теоретические основы метода, принципы устройства приборов.

Примеры контрольных вопросов контрольной работы №4. Максимальная оценка – 40 баллов. Контрольная работа содержит 4 вопроса, по 10 баллов за вопрос.

Вопрос 1:

1. Классификация веществ по отношению к магнитному полю. Диамагнетизм, парамагнетизм. Закон Кюри-Вейсса.
2. Спиновый и орбитальные магнитные моменты. Орбитальное вырождение.
3. Парамагнетизм соединений d-элементов. Парамагнетизм электронов проводимости.
4. Обменное магнитное взаимодействие. Механизмы обменного взаимодействия.
5. Дальний порядок спинов. Ферро- и антиферромагнетики, температурные зависимости магнитной восприимчивости.
6. Способы упорядочения магнитных моментов в веществе. Спонтанная намагниченность. Представления теории молекулярного поля.

Вопрос 2:

1. Магнитный момент в ферро- и ферримагнетиках.
2. Магнитокристаллическая анизотропия.
3. Магнитоупругое взаимодействие. Магнитостатическая энергия, размагничивающее поле.
4. Доменная структура магнитоупорядоченных материалов.
5. Суперпарамагнетизм.
6. Магнетосопротивление.

Вопрос 3:

1. Основные виды магнитных материалов.
2. Кривая намагниченности ферромагнетика.
3. Влияние размера частиц на магнитные свойства ферро- и ферримагнетиков.
4. Изменение коэрцитивной силы при уменьшении размера магнитной частицы. Температура блокировки.
5. Оценка размера наночастиц из данных магнитной восприимчивости.
6. Магнитные свойства анизотропных наночастиц.
7. Магнитные жидкости. Условия устойчивости. Применения.

Вопрос 4:

1. Устройства записи, хранения и преобразования информации на основе ферромагнетиков.
2. Магнитооптические устройства. Устройства спинтроники.
3. Современные наноматериалы, используемые в носителях информации. Развитие походов и современные возможности повышения плотности магнитной записи.
4. Достижения и перспективы использования магнитных наноматериалов в области биологии и медицины.
5. Методы измерения магнитной восприимчивости: весы Фарадея, вибромагнетометр, СКВИД-магнетометр, индуктивные измерения.
6. Мессбауэровская спектроскопия в применении к магнитным наноматериалам: теоретические основы метода, принципы устройства приборов, обработка и интерпретация данных измерений.

## **9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **9.1. Рекомендуемая литература**

#### ***А. Основная литература***

1. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по техническим направлениям подготовки и специальностям / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - 2-е изд., (эл.). - Москва: Бинوم. Лаб. знаний, 2011. - 293 с.

#### ***Б. Дополнительная литература***

1. Войтович, И.Д. Нанoeлектронная элементная база информатики на основе полупроводников и ферромагнетиков [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.Д. Войтович, В.М. Корсунский. — Электрон. дан. — Москва : , 2016. — 456 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/100266>.
2. Сайкин, М.С. Магнитожидкостные герметизаторы технологического оборудования [Электронный ресурс] : монография / М.С. Сайкин. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 136 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91286>.

### **9.2. Рекомендуемые источники научно-технической информации**

1. Журнал «Journal of Magnetism and Magnetic Materials», ISSN 0304-8853
2. Журнал «Applied Magnetic Resonance», ISSN 0937-9347
3. Журнал «Magnetohydrodynamics», ISSN 0024-998X
4. Журнал «Magnetic resonance in solids, electronic journal», ISSN 2072-5981
5. Ресурсы ELSEVIER: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com), [www.scopus.com](http://www.scopus.com).

### **9.3. Средства обеспечения освоения дисциплины**

Для реализации дисциплины подготовлены следующие средства обеспечения освоения дисциплины:

- банк тестовых заданий для текущего контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25);
- банк заданий для итогового контроля освоения дисциплины (общее число вопросов – более 25).

Для реализации учебной программы с использованием электронного обучения (ЭО) и дистанционных образовательных технологий (ДОТ) применяются следующие образовательные технологии и средства обеспечения дисциплины:

- ЭИОС РХТУ им. Д.И. Менделеева;

- платформы для проведения вебинаров (eTutorium и др.);
- платформы для проведения онлайн конференций (Zoom, Skype и др.);
- учебный портал Moodle РХТУ им. Д.И. Менделеева (или другие LMS);
- сервисы по доставки e-mail сообщений.

Для проведения промежуточных и итоговой аттестации могут использоваться такие сервисы как: Яндекс.Формы, Zoom, Skype, отдельные специализированные модули LMS.

Для освоения дисциплины используются следующие нормативные и нормативно-методические документы:

– Федеральный закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102162745&intelsearch=273-%D4%C7> (дата обращения: 22.05.2019).

– Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования // Координационный совет учебно-методических объединений и научно-методических советов высшей школы. Портал Федеральных образовательных стандартов высшего образования [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/fgosvo/92/91/4> (дата обращения: 22.05.2019).

– Приказ Министерства образования и науки РФ от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pravo.gov.ru/proxy/ips/?docbody=&nd=102447332&intelsearch=816+-%EF%F0%E8%EA%E0%E7> (дата обращения: 22.05.2019).

При освоении дисциплины студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

– Система федеральных образовательных порталов. Система открытого образования. Консалтинговый центр ИОС ОО РФ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.openedu.ru> (дата обращения: 22.05.2019).

– Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам». URL: <http://window.edu.ru/> (дата обращения: 22.05.2019).

– ФЭПО: соответствие требованиям ФГОС [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://fepo.i-exam.ru/> (дата обращения: 22.05.2019).

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

### **10.1. Для студентов, обучающихся по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий**

Методические рекомендации по организации учебной работы обучающегося направлены на повышение ритмичности и эффективности его аудиторной и самостоятельной работы по дисциплине.

Дисциплина «Магнитные наноматериалы» включает 3 раздела, каждый из которых имеет определенную логическую завершенность. При изучении материала каждого раздела рекомендуется регулярное повторение законспектированного лекционного материала, а также дополнение его сведениями из литературных источников, представленных в учебной программе. При работе с указанными источниками рекомендуется составлять краткий конспект с обязательным фиксированием библиографических данных источника. Изучение материала каждого раздела заканчивается контролем его освоения в форме контрольной работы. Результаты выполнения контрольных работ оцениваются в соответствии с принятой в университете рейтинговой системой оценки знаний.

Совокупная оценка текущей работы обучающегося в семестре складывается из оценок за выполнение контрольных работ. Максимальная общая оценка по дисциплине составляет 100 баллов.

## **10.2. Для студентов, обучающихся по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий**

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

## **11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ**

### **11.1. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, без использования электронного образования и дистанционных образовательных технологий**

Основной задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине «Магнитные наноматериалы», является выработка у обучающихся понимания необходимости знания предмета для их дальнейшей работы в области создания и производства новых магнитных наноматериалов.

На первом вводном занятии при рассмотрении истории и потенциала развития физики магнетизма и магнитных материалов следует показать, что все материалы являются в той или иной степени магнитными.

При рассмотрении магнитного упорядочения в материалах преподавателю необходимо уделить особенное внимание обзору основных, наиболее распространённых в нанотехнологической практике типов ферримагнетиков. Необходимо развить у студентов легкость в оценке магнитного момента и намагниченности основных типов ферримагнитных материалов, для обеспечения возможности разумного выбора их состава.

При рассмотрении магнитной анизотропии и магнитострикции стоит уделить внимание практическим аспектам данных явлений – связи анизотропии с макроскопическими магнитными характеристиками и возможностями использования магнитострикции.

В ходе рассмотрения всех разделов дисциплины основной задачей преподавателя является дать студентам представление о возможностях практического использования магнитных наноматериалов, способах и потенциале контроля магнитных характеристик магнитных наночастиц.

С целью более эффективного усвоения обучающимися материала данной дисциплины при проведении практических занятий рекомендуется использовать мультимедийные презентации, графики и таблицы, иллюстрирующие изучаемый материал, демонстрационные фильмы.

Для более глубокого изучения предмета в рамках самостоятельной работы преподаватель может рекомендовать обучающимся ознакомление с публикациями в периодических журналах и Интернет-ресурсах и посещение выставок строительных материалов.

### **11.2. Для преподавателей, при реализации программы по очной форме, с использованием электронного образования и дистанционных образовательных технологий**

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п.10.1 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об

используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Реализация ЭО и ДОТ предполагает использование следующих видов учебной деятельности: онлайн консультации, практические занятия, видео-лекции; рассылка учебно-методических материалов по электронной почте; текущий контроль в режиме тестирования и проверки домашних заданий; самостоятельная работа и т.д.

При реализации РПД в зависимости от конкретной ситуации ЭО и ДОТ могут быть применены в следующем виде:

- объем часов контактной работы обучающихся с преподавателем не сокращается и электронные образовательные ресурсы (ЭОР) методически обеспечивают самостоятельную работу обучающихся в объеме, предусмотренном рабочей программой данной дисциплины. При этом в случае необходимости занятия проводятся в режиме онлайн;
- смешанные формы обучения, сочетающие в себе аудиторные занятия (при возможности перевода части контактных часов работы обучающихся с преподавателем в электронную информационно-образовательную среду без потери содержания учебной дисциплины) и ЭОР (часть учебного материала (например, лекции) может быть заменена ЭОР).

## **12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ**

Информационно-библиотечный центр (ИБЦ) РХТУ им. Д.И. Менделеева обеспечивает информационную поддержку всем направлениям деятельности университета, содействует подготовке высококвалифицированных специалистов, совершенствованию учебного процесса, научно-исследовательской работы, способствует развитию профессиональной культуры будущего специалиста.

Структура и состав библиотечного фонда соответствуют требованиям Примерного положения о формировании фондов библиотеки высшего учебного заведения, утвержденного приказом Минобразования и науки от 27.04.2000 г. № 1246. ИБЦ университета обеспечивает обучающихся основной учебной, учебно-методической и научной литературой, необходимой для организации образовательного процесса по всем дисциплинам основной образовательной программы и гарантирует возможность качественного освоения обучающимся образовательной программы подготовки бакалавров по направлению 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов, профиль – «Материаловедение и технологии наноматериалов и наносистем».

Общий объем многоотраслевого фонда ИБЦ на 22.05.2019 составляет 1 708 372 экз.

Фонд ИБЦ располагает учебной, учебно-методической и научно-технической литературой в форме печатных и электронных изданий, а также включает официальные, справочно-библиографические, специализированные отечественные и зарубежные периодические и информационные издания. ИБЦ обеспечивает доступ к профессиональным базам данных, информационным, справочным и поисковым системам.

Каждый обучающийся обеспечен свободным доступом из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет и к электронно-библиотечной системе (ЭБС) Университета, которая содержит различные издания по основным изучаемым дисциплинам и сформирована по согласованию с правообладателями учебной и учебно-методической литературы.

Для более полного и оперативного справочно-библиографического и информационного обслуживания в ИБЦ реализована технология Электронной доставки документов.

## Электронные информационные ресурсы, используемые в процессе обучения

№	Электронный ресурс	Реквизиты договора (номер, дата заключения, срок действия), ссылка на сайт ЭБС, сумма договора, количество ключей	Характеристика библиотечного фонда, доступ к которому предоставляется договором
1	ЭБС «Лань»	<p>Принадлежность - сторонняя                      Реквизиты договора - ООО «Издательство «Лань», договор №29.01-3-2.0-827/2018 от 26.09.2018 г.                      Сумма договора – 357 000-00                      С «26» сентября 2018г. по «25» <b>сентября 2019г.</b>                      Реквизиты договора - ООО «Издательство «Лань», договор № 33.03-Р-2.0-1775/2-10 от 26.09.2019г.                      Сумма договора – 642 083-68                      С «26» <b>сентября 2019г. по «25» сентября 2020г.</b>                      Ссылка на сайт ЭБС – <a href="http://e.lanbook.com">http://e.lanbook.com</a>                      Количество ключей - доступ для всех пользователей РХТУ с любого компьютера.</p>	Коллекция книг по естественно-научным и техническим отраслям наук.
2.	Электронно - библиотечная система ИБЦ РХТУ им. Д.И.Менделеева (на базе АИБС «Ирбис»)	<p>Принадлежность – собственная РХТУ.                      Ссылка на сайт ЭБС – <a href="http://lib.muotr.ru/">http://lib.muotr.ru/</a>                      Доступ для пользователей РХТУ с любого компьютера.</p>	Электронные версии учебных и научных изданий авторов РХТУ по всем ООП.
4	ЭБС «Научно-электронная библиотека eLibrary.ru».	<p>Принадлежность – сторонняя                      Реквизиты договора – ООО «РУНЭБ», договор № 29.01-Р-2.0-1020/2018 от 07.12.2018 г.                      Сумма договора - 934 693-00                      С «01» января 2019 г. по «31» декабря 2019 г.                      Ссылка на сайт – <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>                      Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам неограничен.</p>	Электронные версии периодических и неперидических изданий по различным отраслям науки
5	Справочно-правовая система «Гарант»	<p>Принадлежность сторонняя                      Договор №145-188ЭА/2018 г. от 28.01.2019 г.                      С «28» января по «27» января 2020 г.                      Ссылка на сайт – <a href="http://www.garant.ru/">http://www.garant.ru/</a></p>	Гарант — справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации.

		Сумма договора - 512000-00 Количество ключей – 50 пользовательских лицензий по ip-адресам.	
6	Издательство Wiley	Принадлежность сторонняя. Национальная подписка (Минобрнауки+ ГПНТБ) Сублицензионный договор № Wiley/130 от 10.10.2019 г. С «01» января по «31» декабря 2019 г. Ссылка на сайт – <a href="http://onlinelibrary.wiley.com/">http://onlinelibrary.wiley.com/</a> Количество ключей - доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам неограничен.	Коллекция журналов по всем областям знаний, в том числе известные журналы по химии, материаловедению, взрывчатым веществам и др.
7	ProQuest Dissertation and Theses Global	Принадлежность сторонняя. Национальная подписка (Минобрнауки+ ГПНТБ) Сублицензионный договор № ProQuest/130 от 09.10.2019 г. С «01» января по «31» декабря 2019 г. Ссылка на сайт – <a href="http://www.proquest.com/products-services/pqdtglobal.html">http://www.proquest.com/products-services/pqdtglobal.html</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам неограничен.	База данных ProQuest Dissertation & Theses Global (PQDT Global) авторитетная коллекция из более 3,5 млн. зарубежных диссертаций, более 1,7 млн. из которых представлены в полном тексте.
8	American Chemical Society	Принадлежность сторонняя. Национальная подписка (Минобрнауки+ ГПНТБ) Сублицензионный договор № ACS/130 от 25.10.2019 г. С «01» июля 2019 г. по «31» декабря 2019 г. Ссылка на сайт – <a href="http://www.acs.org/content/acs/en.html">http://www.acs.org/content/acs/en.html</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам неограничен.	Коллекция журналов по химии и химической технологии Core + издательства American Chemical Society
9	American Institute of Physics (AIP)	Принадлежность сторонняя. Национальная подписка (Минобрнауки+ ГПНТБ) Сублицензионный договор № AIP/130 от 24.10.2019 г. С «01» июля 2019 г. по «31» декабря 2019 г. Ссылка на сайт – <a href="http://scitation.aip.org/">http://scitation.aip.org/</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам неограничен.	Коллекция журналов по техническим и естественным наукам издательства Американского института физики (AIP)
10	Scopus	Принадлежность сторонняя.	Мультидисциплинарная реферативная и



		<p>Национальная подписка (Минобрнауки+ ГПНТБ) Сублицензионный договор № Scopus/130 от 09.10.2019 г. С «01» июля 2019 г. по «31» декабря 2019 г. Ссылка на сайт – <a href="http://www.scopus.com">http://www.scopus.com</a>. Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам неограничен.</p>	<p>научнометрическая база данных издательства <b>ELSEVIER</b></p>
11	Ресурсы международной компании Clarivate Analytics	<p>Принадлежность сторонняя. Национальная подписка (Минобрнауки+ ГПНТБ) Сублицензионный договор № WoS/130 от 05.09.2019 г. С «01» января 2019 г. по «31» декабря 2019 г. Ссылка на сайт – <a href="http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&amp;search_mode=GeneralSearch&amp;SID=R1Ij2TUYmdd7bUatOIJ&amp;preferencesSaved=">http://apps.webofknowledge.com/WOS_GeneralSearch_input.do?product=WOS&amp;search_mode=GeneralSearch&amp;SID=R1Ij2TUYmdd7bUatOIJ&amp;preferencesSaved=</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам неограничен.</p>	<p>Открыт доступ к ресурсам: <b>WEB of SCIENCE</b> – реферативная и научнометрическая база данных. <b>MEDLINE</b> – реферативная база данных по медицине.</p>
12	Royal Society of Chemistry (Королевское химическое общество)	<p>Принадлежность сторонняя. Национальная подписка (Минобрнауки+ ГПНТБ) Сублицензионный договор № RSC/130 от 08.10.2019 г. С «01» января 2019 г. по «31» декабря 2019 г. Ссылка на сайт – <a href="http://pubs.rsc.org/">http://pubs.rsc.org/</a> Количество ключей - доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам неограничен.</p>	<p>Коллекция включает 44 журнала. Тематика: органическая, аналитическая, физическая химия, биохимия, электрохимия, химические технологии.</p>
13	Электронные ресурсы издательства SpringerNature	<p>Принадлежность – сторонняя Национальная подписка (Минобрнауки+РФФИ) Информационное письмо РФФИ № 809 от 24.06.2019 г. С «01» января 2019 г. по «31» декабря 2019 г. Ссылка на сайт <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a> Количество ключей - доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам неограничен.</p>	<p>- Полнотекстовая коллекция электронных журналов Springer по различным отраслям знаний. - Полнотекстовые 85 журналов Nature Publishing Group - Коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний Springer Protocols - Коллекция научных материалов в</p>

			<p>области физических наук и инжиниринга Springer Materials (The Landolt-Bornstein Database)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Полный доступ к статическим и динамическим справочным изданиям по любой теме</li> <li>- Реферативная база данных по чистой и прикладной математике zbMATH</li> <li>- Nano Database</li> </ul>
14	База данных SciFinder компании Chemical Abstracts Service	<p>Принадлежность сторонняя. Национальная подписка (Минобрнауки+ ГПНТБ) Сублицензионный договор № CAS/130 от 23.10.2019 г. С «01» января 2019 г. по «31» декабря 2019 г. Ссылка на сайт – <a href="https://scifinder.cas.org">https://scifinder.cas.org</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам и персональной регистрации.</p>	<p>SciFinder — поисковый сервис, обеспечивающий многоаспектный поиск как библиографической информации, так и информации по химическим реакциям, структурным соединениям и патентам. Основная тематика обширного поискового массива — химия, а также ряд смежных дисциплин, таких как материаловедение, биохимия и биомедицина, фармакология, химическая технология, физика, геология, металлургия и другие.</p>
15	Издательство Elsevier на платформе ScienceDirect	<p>Принадлежность сторонняя. Национальная подписка (Минобрнауки+ РФФИ) Информационное письмо РФФИ № исх.- 1294 от 09 10 2019 г. С «01» января 2019 г. по «31» декабря 2019 г. Ссылка на сайт – <a href="https://www.sciencedirect.com">https://www.sciencedirect.com</a> Количество ключей – доступ для пользователей РХТУ по ip-адресам.</p>	<p>«Freedom Collection» — полнотекстовая коллекция электронных журналов издательства Elsevier по различным отраслям знаний, включающая не менее 2000 наименований электронных журналов. «Freedom Collection eBook collection» — содержит более 5 000 книг по 24 различным предметным областям естественных, технических и медицинских наук. Доступ к архивам 2014-2018гг.</p>

16	ЭБС «ЮРАЙТ»	Принадлежность - сторонняя Реквизиты договора – ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ», Договор № №29.01-3-2.0-1168/2018 от 11.01.2019 г. С «11» января 2019 г. по «»10» января 2020 г. Ссылка на сайт ЭБС - <a href="https://biblio-online.ru/">https://biblio-online.ru/</a> Сумма договора – 220 000-00 руб. Количество ключей - доступ для всех пользователей РХТУ с любого компьютера.	Электронная библиотека включает более 5000 наименований учебников и учебных пособий по всем отраслям знаний для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОС.
----	-------------	--	---

### Бесплатные архивные коллекции, приобретенные Минобрнауки для вузов

[Архив Издательства American Association for the Advancement of Science. Пакет «Science Classic» 1880-1996](#)

[Архив Издательства Annual Reviews. Пакет «Full Collection» 1932-2005](#)

[Архив издательства Института физики \(Великобритания\). Пакет «Historical Archive 1874-1999» с первого выпуска каждого журнала по 1999, 1874-1999](#)

[Архив издательства Nature Publishing Group. Пакет «Nature» с первого выпуска первого номера по 2010, 1869-2010](#)

[Архив издательства Oxford University Press. Пакет «Archive Complete» с первого выпуска каждого журнала по 1995, 1849-1995](#)

[Архив издательства Sage. Пакет «2010 SAGE Deep Backfile Package» с первого выпуска каждого журнала по 1998, 1890-1998](#)

[Архив издательства Taylor & Francis. Full Online Journal Archives. с первого выпуска каждого журнала по 1996, 1798-1997](#)

[Архив издательства Cambridge University Press. Пакет «Cambridge Journals Digital Archive \(CJDA\)» с первого выпуска каждого журнала по 2011, 1827-2011](#)

[Архив журналов Королевского химического общества\(RSC\). 1841-2007](#)

[Архив коллекции журналов Американского геофизического союза \(AGU\), предоставляемый издательством Wiley Subscription Services, Inc. 1896-1996](#)

### Бесплатные официальные открытые ресурсы Интернет:

1. Directory of Open Access Journals (DOAJ) <http://doaj.org/>  
Ресурс объединяет более 10000 научных журналов по различным отраслям знаний (около 2 миллионов статей) из 134 стран мира.
2. Directory of Open Access Books (DOAB) <https://www.doabooks.org/>  
В базе размещено более 3000 книг по различным отраслям знаний, предоставленных 122 научными издательствами.
3. Электронный ресурс arXiv <https://arxiv.org/>  
Крупнейшим бесплатный архив электронных научных публикаций по разделам физики, математики, информатики, механики, астрономии и биологии. Имеется подробный тематический каталог и возможность поиска статей по множеству критериев.
4. Коллекция журналов PLOS ONE <http://journals.plos.org/plosone/>  
PLOS ONE – коллекция журналов, в которых публикуются отчеты о новых исследованиях в области естественных наук и медицины. Все журналы размещены в свободном доступе (Open Access), все статьи проходят строгое научное рецензирование.
5. US Patent and Trademark Office (USPTO) <http://www.uspto.gov/>

Ведомство по патентам и товарным знакам США — USPTO — предоставляет свободный доступ к американским патентам, опубликованным с 1976 г. по настоящее время.

6. Espacenet - European Patent Office (EPO) <http://worldwide.espacenet.com/>

Патенты (либо патентные заявки) более 50 национальных и нескольких международных патентных бюро, в том числе полные тексты патентов США, России, Франции, Японии и др.

7. Федеральный институт промышленной собственности (ФИПС) [http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content\\_ru/ru](http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru)

Информационные ресурсы ФИПС свободного доступа:

- Электронные бюллетени. Изобретения. Полезные модели.
- Открытые реестры российских изобретений и заявок на изобретения.
- Рефераты российских патентных документов за 1994–2016 гг.
- Полные тексты российских патентных документов из последнего официального бюллетеня.

### **13. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

В соответствии с учебным планом занятия по дисциплине «Магнитные наноматериалы» проводятся в форме лекций, практических занятий и самостоятельной работы обучающегося.

#### **13.1. Оборудование, необходимое в образовательном процессе:**

Лекционная учебная аудитория, оборудованная электронными средствами демонстрации (компьютер со средствами звуковоспроизведения, проектор, экран) и учебной мебелью.

Библиотека, имеющая рабочие места, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и выходом в Интернет.

#### **13.2. Учебно-наглядные пособия:**

Иллюстрации к практическим занятиям.

#### **13.3. Компьютеры, информационно-телекоммуникационные сети, аппаратно-программные и аудиовизуальные средства:**

Персональные компьютеры, укомплектованные проигрывателями CD и DVD, принтерами и программными средствами; проекторы и экраны; цифровые камеры; копировальные аппараты; локальная сеть с выходом в Интернет.

#### **13.4. Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:**

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса.

Электронные образовательные ресурсы: электронные презентации к разделам лекционного курса; учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий.

#### **13.5. Перечень лицензионного программного обеспечения:**

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование программного продукта</b>	<b>Реквизиты договора поставки</b>	<b>Количество лицензий</b>	<b>Срок окончания действия лицензии</b>
1.	Calculate Linux Desktop	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
2.	LibreOffice	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
3.	ABBYY FineReader	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
4.	7-Zip	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
5.	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
6.	VLC Media Player	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
7.	Discord	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
8.	Autodesk AutoCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
9.	IntelliJ IDEA	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
10.	FreeCAD	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
11.	SMath Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
12.	Corel Academic Site Standard	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	Лицензия для активации на рабочих станциях, покрывает все рабочие места в университете	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
13.	Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.	Контракт № 90-133ЭА/2021 от 07.09.2021	500 лицензий	12 месяцев (ежегодное продление подписки с правом перехода на обновлённую версию продукта)
14.	GIMP	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно
15.	OBS (Open Broadcaster Software) Studio	Свободно распространяемое ПО	Не ограничено	Бессрочно

#### **14. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММ**

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
<p><b>Раздел 1.</b> Основы магнетизма и теории магнитного упорядочения</p>	<p><i>Знает:</i> типы магнитного упорядочения и классификацию магнитоупорядоченных материалов; основные характеристики ферро- и ферримагнитных материалов; <i>Умеет:</i> теоретически оценивать магнитные характеристики новых ферро- и ферримагнитных материалов основных классов; применять теоретические знания в области магнетизма наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии; <i>Владеет:</i> методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения магнитных наноматериалов.</p>	<p>Оценка за контрольную работу № 1.</p> <p>Оценка за контрольную работу № 4.</p>
<p><b>Раздел 2.</b> Типы магнитных наноматериалов и области их применения</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– типы магнитного упорядочения и классификацию магнитоупорядоченных материалов;</li> <li>– основные характеристики ферро- и ферримагнитных материалов;</li> <li>– связь макроскопических магнитных характеристик с внутренней структурой материала;</li> <li>– существующие и перспективные области применения магнитных наноматериалов;</li> <li>– способы получения основных типов магнитных наноматериалов и особенности выбора метода для обеспечения требуемых магнитных свойств;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– теоретически оценивать магнитные характеристики новых ферро- и ферримагнитных материалов основных классов;</li> <li>– производить обоснованный выбор состава, структуры и способа получения магнитных наноматериалов для конкретных областей применения;</li> <li>– проводить анализ магнитометрических исследований и сопоставление их результатов с составом и</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 2.</p> <p>Оценка за контрольную работу № 4</p>

Наименование разделов	Основные показатели оценки	Формы и методы контроля и оценки
	<p>структурой исследованных магнитных наноматериалов;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– применять теоретические знания в области магнетизма наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками получения основных классов магнитных наноматериалов;</li> <li>– методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения магнитных наноматериалов.</li> </ul>	
<p><b>Раздел 3.</b> Взаимодействие наноматериалов с электромагнитными полями и методы исследования</p>	<p><i>Знает:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– связь макроскопических магнитных характеристик с внутренней структурой материала;</li> </ul> <p><i>Умеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– проводить анализ магнитометрических исследований и сопоставление их результатов с составом и структурой исследованных магнитных наноматериалов;</li> <li>– применять теоретические знания в области магнетизма наноматериалов для решения исследовательских и прикладных задач, в том числе в области науки о наноматериалах и нанотехнологии;</li> </ul> <p><i>Владеет:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– методологическими подходами и навыками выявления взаимосвязей структуры, свойств и технологии получения магнитных наноматериалов;</li> <li>– навыками освоения и применения новых методов исследования магнитных свойств наноматериалов.</li> </ul>	<p>Оценка за контрольную работу № 3.</p> <p>Оценка за контрольную работу № 4</p>

## 15. ОСОБЕННОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется в соответствии с:

- Порядком организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (Приказ Минобрнауки РФ от 05.04.2017 № 301);
- Положением о Порядке организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры в Российском химико-технологическом

университете имени Д.И. Менделеева (утв. решением Ученого совета университета от 28.06.2017, протокол № 9);

- Методическими рекомендациями по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса (утверждены заместителем Министра образования и науки РФ А.А. Климовым от 08.04.2014 № АК-44/05вн).