

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено:  
на заседании кафедры  
протокол № 3 от « 19 » января 2021 г.

Зав. кафедрой  /Мулюков Р.Р.

Согласовано:  
Председатель УМК факультета /института

 /Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина **Физико-механические свойства наноматериалов**  
Дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.06 Часть, формируемая участниками образовательных отношений

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)  
28.03.03 Наноматериалы

Направленность (профиль) подготовки  
Объемные наноструктурные материалы

Квалификация  
Бакалавр

Разработчик (составитель) проф., д.ф.-м.н.



/ Имаев М.Ф

Для приема: 2021 г.

Уфа 2021 г.

Составитель / составители: проф., д.ф.-м.н. Имаев М.Ф, ассистент Юлдашева А.Р.

Рабочая программа дисциплины *утверждена* на заседании кафедры протокол от « 19 » января 2021 г. № 3

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры протокол № 7 от « 10 » июня 2021 г.

Заведующий кафедрой



/ Мулюков Р.Р.

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	6
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	6
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	9
4.3. Рейтинг-план дисциплины	14
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	14
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	14
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	15
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	16
Приложение 1	17

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины «Физико-механические свойства наноматериалов» направлен на формирование следующих компетенций, предусмотренных Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 28.03.03 «Наноматериалы» (квалификации «Бакалавр»):

Выпускник, освоивший программу, должен обладать следующими общепрофессиональными компетенциями (ОПК) и профессиональными компетенциями (ПК):

– способностью применять основы методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, в твердом, жидком, гелеобразном, аэрозольном состоянии, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, внутренние и внешние границы раздела фаз, а также физических и химических процессов в них или с их участием (ОПК-3);

- способностью использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности в области материаловедения и технологии наноматериалов и наносистем (ПК-1);

– способностью использовать на практике современные представления наук о свойствах веществ и материалов при переходе их в наноразмерное состояние (ноль, одно и двухмерное), о влиянии размера на свойства веществ и материалов, взаимодействии наноматериалов и наносистем с окружающей средой (ПК-2);

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Знать принципы функционирования и иметь представление о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов различной природы.	ОПК-3	
	Знать о существовании глобальных информационных ресурсов в области материаловедения и технологии наноматериалов.	ПК-1	
	Иметь представление о влиянии наноматериалов на окружающую среду и здоровье человека, знать о влиянии размера структурных составляющих наноматериалов на их свойства.	ПК-2	
Умения	Уметь в практической деятельности применять основные методы исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов.	ОПК-3	
	Уметь пользоваться в практической деятельности глобальными информационными ресурсами в области материаловедения и технологии наноматериалов.	ПК-1	
	Уметь в практической деятельности эффективно использовать повышенные	ПК-2	

	конструкционные и функциональные свойства наноматериалов. Уметь определить влияние наноматериалов на окружающую среду и здоровье человека		
Владения (навыки / опыт деятельности)	Владеть основными экспериментальными методами исследования структуры и свойств, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов.	ОПК-3	
	Владеть навыками работы с глобальными информационными ресурсами в области материаловедения и технологии наноматериалов.	ПК-1	
	Владеть навыками оценки влияния наноматериалов на окружающую среду и здоровье человека, а также влияния размера структурных составляющих наноматериалов на их свойства.	ПК-2	

## 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физико-механические свойства наноматериалов» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 3 курсе во 2 семестре.

Целью учебной дисциплины является формирование у студентов представления о методах получения регламентированной структуры в исследуемых материалах. В плане изучения физических свойств необходимо знать о влиянии размера и морфологии структурных составляющих, фазового состава широкого круга конструкционных и функциональных материалов (металлов, сплавов и керамик) на их упругие, тепловые, диффузионные и магнитные свойства, а также возможных практических применениях изучаемых материалов. Объектом курса являются объемные металлы, сплавы и керамики. Рассматриваются основные методы получения консолидированных материалов, закономерности влияния состава и структуры материалов на физико-механические свойства. Особое внимание уделяется свойствам субмикро- и наноструктурированных материалов.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: дефекты кристаллического строения материалов, материаловедение, физика конденсированного состояния.

По окончании курса студенты должны обладать следующими знаниями:

- методы термомеханической обработки, динамическая и статическая рекристаллизация;
- упругие, тепловые, диффузионные и механические свойства наноматериалов.
- основы теории магнетизма, типы магнитных материалов, методы измерения магнитных свойств, особенности структуры и магнитных свойств субмикроструктурных (СМК) и нанокристаллических (НК) 3d и 4f ферромагнетиков, а также высококоэрцитивных сплавов;
- роль дефектов кристаллической решетки, а также субмикро- и наноразмерных частиц вторичных фаз в формировании токонесущей способности сверхпроводников.

Объем дисциплины « Физико-механические свойства наноматериалов» составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часов, в том числе 33.2 часа, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем. Итоговая форма контроля: экзамен (по всей дисциплине).

### 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении 1

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции **ОПК-3**

– способностью применять основы методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов и наносистем неорганической и органической природы, в твердом, жидком, гелеобразном, аэрозольном состоянии, включая нанопленки и наноструктурированные покрытия, внутренние и внешние границы раздела фаз, а также физических и химических процессов в них или с их участием.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)  Студент набрал от 0 – до 44 баллов	3 («Удовлетворительно»)  Студент набрал от 45 – до 59 баллов	4 («Хорошо»)  Студент набрал от 60 – до 79 баллов	5 («Отлично»)  Студент набрал от 80 – 100 баллов
Первый этап (знания)	Знать принципы функционирования и иметь представление о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов различной природы.	Студент проявляет непонимание и крайне неполные знания основных методов исследования и моделирования. Не знает размерности физических величин. Не может ответить ни на один дополнительный вопрос.	Студент допускает существенные ошибки в описании методов исследования, анализа и диагностики. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Теоретические вопросы в целом излагаются достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на задание.	Студент допускает неточности в описании физических принципов измерений, а также описании основных методов исследования наноматериалов.	Студент демонстрирует полные знания терминологии, размерности физических величин, разбирается в методах исследования наноматериалов. Студент без затруднений отвечает на все дополнительные вопросы.

Второй этап (умения)	Уметь в практической деятельности применять основные методы исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов.	Обнаружено не умение применять методы исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов.	Заметны пробелы в знаниях основных методов исследований.	При защите лабораторных работ допускаются студентом несущественные ошибки.	Обладает теоретическим и знаниями и умеет применять основные методы исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов.
Третий этап (владение навыками)	Владеть основными экспериментальными методами исследования структуры и свойств, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов.	Обнаружено отсутствие навыков применения методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов.	Студент не достаточно хорошо ориентируется в методах исследования, слабо защитил лабораторные работы.	При защите лабораторных работ студент допускает несущественные ошибки.	Владеет физической основой и практическими навыками применения основных методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств наноматериалов. Хорошо отвечает на дополнительные вопросы.

#### Код и формулировка компетенции **ПК-1**

- способность использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской деятельности в области материаловедения и технологии наноматериалов и наносистем (ПК-1);

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (знания)	Знать о существовании глобальных информационных ресурсов в области материаловедения и технологии наноматериалов.	Имеет фрагментарные знания о существовании глобальных информационных ресурсов и не умеет ими пользоваться..	В целом знает о существовании глобальных информационных ресурсов, но не умеет ими пользоваться.	Знает о существовании глобальных информационных ресурсов, но допускает ошибки при использовании ими.	Разбирается в глобальных информационных ресурсах и умеет ими пользоваться.
		Студент набрал от 0 – до 44 баллов	Студент набрал от 45 – до 59 баллов	Студент набрал от 60 – до 79 баллов	Студент набрал от 80 – 100 баллов

Второй этап (умения)	Уметь пользоваться в практической деятельности глобальными информационными ресурсами в области материаловедения и технологии наноматериалов.	Не умеет пользоваться в практической деятельности глобальными информационными ресурсами в области материаловедения и технологии наноматериалов.	Умеет пользоваться глобальными информационными ресурсами, но испытывает сложности в поиске информации по заданной теме исследования.	Умеет пользоваться глобальными информационными ресурсами, по заданной теме исследования, но допускает незначительные ошибки.	Уверенно пользуется глобальными информационными ресурсами по заданной теме исследования.
Третий этап (владение навыками)	Владеть навыками работы с глобальными информационными ресурсами в области материаловедения и технологии наноматериалов.	Не владеет навыками использования в практической деятельности глобальными информационными ресурсами в области материаловедения и технологии наноматериалов.	В целом владеет навыками использования глобальных информационных ресурсов, но допускает значительные ошибки в поиске информации по заданной теме исследования.	Владеет навыками использования глобальных информационных ресурсов, но допускает незначительные ошибки в поиске информации по заданной теме исследования.	Уверенно владеет навыками использования глобальных информационных ресурсов.

#### Код и формулировка компетенции ПК-2

– способность использовать на практике современные представления наук о свойствах веществ и материалов при переходе их в наноразмерное состояние (ноль, одно и двухмерное), о влиянии размера на свойства веществ и материалов, взаимодействии наноматериалов и наносистем с окружающей средой.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (знания)	Иметь представление о влиянии наноматериалов на окружающую среду и здоровье человека, знать о влиянии размера структурных составляющих наноматериалов на их свойства.	Имеет фрагментарные знания о влиянии масштаба структуры на основные свойства материалов, а также о влиянии наноматериалов на окружающую	В целом знает о влиянии масштаба структуры на основные свойства материалов и окружающую среду, но допускает значительные ошибки.	Знает о влиянии масштаба структуры на основные свойства материалов и окружающую среду, но допускает незначительные ошибки.	Демонстрирует глубокие знания о влиянии масштаба структуры на основные свойства материалов и окружающую среду



		среду.			
Второй этап (умения)	Уметь в практической деятельности эффективно использовать повышенные конструкционные и функциональные свойства наноматериалов. Уметь определить влияние наноматериалов на окружающую среду и здоровье человека	Не показывает сформированные умения анализировать влияние размера структурных элементов на основные свойства наноматериалов и окружающую среду.	Умеет анализировать влияние размера структурных элементов на основные свойства материалов, но испытывает сложности в физической интерпретации обнаруженных закономерностей.	Умеет анализировать влияние размера структурных элементов на основные свойства материалов, но допускает незначительные ошибки в интерпретации результатов.	Умеет анализировать и интерпретировать влияние размера структурных элементов на основные свойства материалов и их влияния на окружающую среду.
Третий этап (владение навыками)	Владеть навыками оценки влияния наноматериалов на окружающую среду и здоровье человека, а также влияния размера структурных составляющих наноматериалов на их свойства.	Не способен анализировать влияние размера структурных элементов на основные свойства наноматериалов и окружающую среду.	В целом владеет навыками анализа влияния размера структурных элементов на основные свойства наноматериалов, а также окружающую среду, но допускает значительные ошибки.	Владеет навыками анализа влияния размера структурных элементов на основные свойства наноматериалов, а также окружающую среду, но допускает незначительные ошибки.	Способен анализировать и интерпретировать влияние размера структурных элементов на основные свойства наноматериалов, а также окружающую среду.

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Результаты обучения		Формируемая компетенция (код)	Оценочные средства
Знания	1. Основные методы получения объемных субмикро- и наноматериалов.	ОПК-3, ПК-1, 2	

	2. Роль дефектов кристаллической решетки, а также субмикро- и наноразмерных частиц вторичных фаз в формировании свойств наноматериалов.	ПК-2	
	3. Основы теории магнетизма, типы магнитных материалов, методы измерения магнитных свойств, особенности структуры и магнитных свойств субмикро-нанокристаллических 3d и 4f ферромагнетиков, а также высококоэрцитивных сплавов.	ПК-1, ОПК-3	
Умения	1. Рассчитать степень деформации при различных видах деформации.	ПК-2	Лабораторные работы №1-4
	2. Выбрать материал и его термомеханическую обработку для конкретного применения.	ПК-2	
	3. Использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения величин для описания характеристик наноматериалов и областей их применения.	ПК-2	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть экспериментальными навыками измерения основных упругих, механических и магнитных свойств наноматериалов.	ОПК-3	
	2. Владеть методиками решения задач по определению физических и механических параметров наноматериалов.	ОПК-3	

## **Экзаменационные билеты**

### **Структура экзаменационного билета:**

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов (первый вопрос – по модулю 1 (упругие свойства, тепловое расширение, диффузия, низкотемпературные механические свойства), второй вопрос – по модулю 2 (магнитные свойства), на которые студент должен в течение 60 – 90 минут дать письменный развернутый ответ.

### **Примерные вопросы для проведения экзамена:**

#### **упругие свойства, тепловое расширение, диффузия, низкотемпературные механические свойства**

1. Основные типы структуры наноматериалов.
2. Упругость. Величины, характеризующие упругость, соотношение между этими величинами.
3. Методы интенсивной пластической деформации.
4. Скорость звука в наноматериалах. Зависимость упругих модулей от размера зерен в наноматериалах.
5. Внутреннее трение в твердом теле. Определение и основные величины.
6. Определение типа и концентрации точечных дефектов в металлах методом внутреннего трения.
7. Внутреннее трение в наноматериалах.
8. Тепловое расширение наноматериалов. Аномалии теплового расширения в материалах с фазовым превращением.
9. Плавление наноматериалов.
10. Теплопроводность наноматериалов.
11. Диффузия в наноматериалах.
12. Низкотемпературные механические свойства наноматериалов. Соотношение Холла-Петча.
13. Соотношение Холла-Петча для наноматериалов.
14. Прочность и пластичность наноструктурных металлов. Влияние отжига на механические свойства наноматериалов.

#### **Магнитные свойства**

1. Напряженность и индукция магнитного поля.
2. Виды магнитных материалов.
3. Природа диамагнетизма.
4. Диамагнетизм элементов.
5. Природа парамагнетизма.
6. Законы Кюри и Кюри-Вейсса.
7. Магнитные моменты электрона.
8. Порядок заполнения энергетических подуровней атома.
9. Что такое магнетон Бора?
10. Методы измерения магнитной восприимчивости слабомагнитных материалов.
11. Виды энергии ферромагнетика.
12. Магнитостатическая энергия ферромагнетика.
13. Энергия анизотропии ферромагнетика.
14. Что такое размагничивающий фактор?
15. Как построить истинную кривую намагничивания?
16. Последовательность намагничивания в ферромагнетике.
17. Намагничивание в условиях совместного действия магнитного поля и напряжений.
18. Виды магнитострикции.

19. Суть теории коэрцитивной силы по Кондорскому.
20. Особенности гистерезисных свойств 3d и 4f ферромагнетиков.
21. Основные методы измерения ферромагнитных свойств.
22. Методы исследования магнитных доменов. Особенности использования Лоренцевой микроскопии.
23. Доменная структура в Ni, влияние температуры на доменную структуру Ni.
24. Доменные стенки Блоха и Нееля.
25. Структурно-чувствительные и структурно-нечувствительные свойства ферромагнетиков.
26. Причины уменьшения температуры Кюри в СМК и нано-никеле.
27. Что такое суперпарамагнетизм?
28. Особенности поведения антиферромагнитного порядка в наноструктурированных РЗМ металлах.
29. В чем заключается основная идея получения однодоменного состояния?
30. Как получить материалы с высоким значением коэрцитивной силы и остаточной намагниченности в системе Fe-Nd-B?
31. Что такое длина когерентности и Лондоновская глубина проникновения?
32. Почему образуются Куперовские пары электронов?
33. Критерий образования сверхпроводников 1 и 2 рода.
34. Методы получения острой кристаллографической текстуры в ВТСП материалах.
35. Основные способы введения в материал сильных центров пиннинга магнитного потока.

**Образец экзаменационного билета:**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
Кафедра общей физики

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13

по дисциплине **Физико-механические свойства наноматериалов**

Направление/специальность 28.03.03 «Наноматериалы»

Профиль/Программа/Специализация Объемные наноструктурные материалы

1. Внутреннее трение в твердом теле. Определение и основные величины. Внутреннее трение в наноматериалах.
2. Особенности гистерезисных свойств и процессов перемагничивания сплавов системы Fe-Nd-B. Условия формирования однодоменного состояния.

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_  
(дата)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

***Критерии оценки (в баллах):***

– **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы;

– **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности;

– **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос;

– **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

### **Лабораторные работы** **Структура лабораторных работ**

Студенты выполняют за отведенное время четыре лабораторные работы в лабораториях «Механические свойства материалов» и «Электрические и магнитные свойства материалов»:

1. Измерение механических свойств материалов.
2. Измерение магнитной восприимчивости материалов.
3. Измерение магнитного гистерезиса на вибромагнетометре.
4. Измерение температурной зависимости магнитной восприимчивости высокотемпературного сверхпроводника.

Учебно-методические пособия в лабораториях по каждой лабораторной работе имеются. На выполнение одной лабораторной работы студент должен потратить не менее 4 часов и не более 6 часов аудиторной работы. Под выполнением лабораторной работы понимается: получение допуска к измерениям (наличие конспекта в тетради и знание устройства и принципа работы лабораторной установки); выполнение измерений; выполнение письменного отчета в тетради, защита лабораторной работы (ответы на вопросы в конце учебно-методического пособия).

Выполнение лабораторных работ студентом является условием допуска к экзамену.

### 4.3. Рейтинг-план дисциплины

#### Физико-механические свойства наноматериалов

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление/специальность: 28.03.03. Наноматериалы,

курс 3, семестр 2

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
Упругие, тепловые, диффузионные, механические и магнитные свойства наноматериалов.			0	35
<b>Текущий контроль</b>				
1. Учет рейтинга за лабораторные работы №1-4)	0-1	10	0	10
<b>Поощрительные баллы</b>				
1. Студенческая олимпиада	0-10	1	0	10
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
1. Посещение лекционных занятий			0	-6
2. Посещение лабораторных занятий			0	-10
<b>Итоговый контроль</b>				
Экзамен	0-15	2	0	30

Перевод оценки из 100-балльной производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

### 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

#### 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

##### Основная литература:

- 1) Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. – М, Металлургия, 1980.
- 2) Киренский Л.В. Магнетизм. – М., Наука, 1967.
- 3) Мишин Д.Д. Магнитные материалы. – М, Высшая школа, 1991.
- 4) Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. Получение, структура и свойства.- М.: ИКЦ "Академкнига", 2007. - 398с.
- 5) Каганов М.И., Цукерник В.М. Природа магнетизма. – М., Наука, 1982.
- 6) Температура Кюри и намагниченность насыщения никеля с субмикрозернистой структурой. /Валиев Р.З., Мулюков Р.Р., Мулюков Х.Я. и др. //Письма в ЖТФ. -1989. - т.15. вып.1. с.78-81.
- 7) Мулюков Х.Я., Корзникова Г.Ф., Никитин С.А. Влияние структурного состояния на температурную зависимость намагниченности диспрозия. //ФТТ. -1995. -т.37. № 8. -с. 2481-2486.
- 8) Мулюков Х.Я., Корзникова Г.Ф. Влияние интенсивной пластической деформации на магнитное состояние гадолиния. //ФММ. -1994. -т.78, вып. 1. -с.35-38.
- 9) Мулюков Х.Я., Шарипов И.З., Никитин С.А. Магнитострикция диспрозия с субмикрористаллической структурой. //ФТТ. -1996. -т.38. № 5. -с.1629-1631.
- 10) Мулюков Х.Я., Шарипов И.З., Никитин С.А. Гистерезис гигантской магнитострикции субмикрористаллического диспрозия и эффекты отжига образца. //ФММ. -1996. -т.81.

вып.2. -с.70-75.

- 11) О механизме перемагничивания микрокристаллических сплавов NdFeB / Н.А. Манаков, Г.Ф. Корзникова, В.В. Столяров В.В. Толмачев // ФММ. – 1991. - № 1. - С. 197-199.
- 12) Корзникова Г.Ф., Столяров В.В., Тимофеев В.Н. Доменная структура и процессы перемагничивания в быстрозакаленном сплаве системы Nd-Fe-B. // Металлофизика. – 1991. - Т. 13. - № 12.- С. 69-76.

#### **Дополнительная литература:**

- 1) Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения металлов. – М.: Машиностроение, 1983.
- 2) Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов. – М: Мир, 1972.
- 3) Головин Ю.И. Наноиндентирование и его возможности. – М: Машиностроение, 2009.
- 4) Боровик Е. С, Еременко В. В., Мильнер А. С. Лекции по магнетизму. - М., ФИЗМАТЛИТ, 2005.
- 5) Белов К.П. Редкоземельные металлы, сплавы и соединения – новые магнитные материалы для техники. – Соросовский образовательный журнал, 1996, №1, с. 94-99.
- 6) Никитин С.А. Магнитные структуры в кристаллических и аморфных веществах. - Соросовский образовательный журнал, 1996, №11, с. 87-95.
- 7) Кандаурова Г.С. Природа магнитного гистерезиса. – Соросовский образовательный журнал, 1997, №1, с. 100-106.
- 8) Бучельников В.Д. Физика магнитных доменов. – Соросовский образовательный журнал, 1997, №12, с. 92-99.
- 9) Белов К.П. Загадки магнетита. – Соросовский образовательный журнал, 2000, №4, с. 71-76.
- 10) Гайдуков Ю.П. Физические основы и методы получения магнитного поля. – Соросовский образовательный журнал, 1996, №4, с. 97-105.
- 11) Чечерников В. И. Магнитные измерения. Изд. МГУ, 1969.
- 12) Преображенский А. А., Бишард Е.Г. Магнитные материалы и элементы. - М., Высшая школа, 1986.
- 13) Мняян М.Г. Сверхпроводники в современном мире. – М., Просвещение, 1991.
- 14) Роуз-инс А., Родерик Е. Введение в физику сверхпроводимости. – М., Мир, 1972.
- 15) Ципенюк Ю.М. Физические основы сверхпроводимости. – М., Издательство МФТИ, 1996.
- 16) Гоял А. Токонесущие ленты второго поколения на основе высокотемпературных сверхпроводников. М.: Изд. URSS, 2009.

#### **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. Электронная библиотечная система. ЭБ БашГУ. – Собственная электронная библиотека учебных и научных электронных изданий, которая включает издания преподавателей БашГУ. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронная библиотечная система .Университетская библиотека онлайн. – Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://biblioclub.ru/>
3. Электронная библиотечная система издательства .Лань. – Полнотекстовая БД учебных и научных электронных изданий. Авторизованный доступ по паролю из любой точки сети

Интернет. Регистрация в Библиотеке БашГУ, дальнейший доступ из любой точки сети Интернет. – <https://e.lanbook.com/>

4. Электронный каталог Библиотеки БашГУ — Справочно-поисковый аппарат библиотеки. Включает в себя систему каталогов и картотек, справочно-библиографический фонд. — <http://www.bashlib.ru/catalogi/>

## **6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

<i><b>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</b></i>	<i><b>Вид занятий</b></i>	<i><b>Наименование оборудования, программного обеспечения</b></i>
Аудитория на 7 эт. (ИПСМ РАН)	Лекции	Доска, компьютер, мультимедийный проектор, экран
Лаборатория механических свойств (ИПСМ РАН)	Лабораторная работа №1	Микротвердомер ПМТ-2
Лаборатория физических свойств (ИПСМ РАН)	Лабораторные работы №2 и 3	Вибромагнетометр Автокомпенсационные вакуумные магнитные микровесы
Лаборатория электрических и магнитных свойств 112 (физмат корпус БГУ)	Лабораторная работа №4	Универсальный лабораторный комплекс для измерения гальваномагнитных и магнитных свойств материалов АЛКГМ-1.
Читальный зал №1 (главный корпус, 1 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) - 3 шт, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 76.
Читальный зал №2 (корпус физмата, 2 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, Wi-Fi доступ для мобильных устройств, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 50.
Читальный зал №4 (корпус биофака, 4 этаж)	Самостоятельная работа	Научный и учебный фонд, научная периодика, неограниченный доступ к ЭБС и БД; количество посадочных мест – 60.



## Приложение 1

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

дисциплины «Физико-механические свойства наноматериалов» на 2 семестр  
(наименование дисциплины)

дневная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4 / 144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	33,2
лекций	16
практических/ семинарских	
лабораторных	16
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1.2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	40
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	70.8

Форма(ы) контроля:  
экзамен второй семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнит ельная литератур а, рекоменд уемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоя тельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемост и (коллоквиум ы, контрольные работы, компьютерн ые тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕ М	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Субмикроструктурные (СМК) и наноматериалы (НМ). Основные разновидности НМ. Методы получения консолидированных НМ. Особенности строения НМ.	1			2	1,4		
2	Упругость, термическое расширение, теплопроводность, плавление, диффузия в НМ.	1			3	1,4		
3	Низкотемпературные механические свойства СМК и НМ.	2		4	5	1,4/1-3		отчет к лаб. работе №1
4	Магнитные свойства металлов. Основные величины. Диамагнетики. Парамагнетики. Измерение парамагнитной и диамагнитной восприимчивости.	2		4	5	1-3/4-12		отчет к лаб. работе №2
5	Магнитное упорядочение. Методы измерения ферромагнитных свойств. Магнитные материалы. Гистерезисные свойства металлов: никель, РЗМ ферромагнетики.	2		4	5	1-3/4-12		Отчет к лаб. работе №3
6	Доменная структура материалов. ДС структура никеля.	2			5	1/8		
7	Намагниченность и магнитные фазовые превращения в ферромагнетиках с СМК структурой. Никель. РЗМ (Gd,Dy,Tb)	2			5	6,7		
8	Высококоэрцитивные материалы. Сплавы системы Fe-Nd-B.	2			5	10		
9	Общие представления о сверхпроводимости. Эффект Мейснера	2		4	5	12-13/13-		Отчет к лаб.

ра. Зонная структура, Куперовские пары. Сверхпроводники 1 и 2 рода. Высокотемпературные сверхпроводящие керамики. Особенности кристаллической структуры. Влияние термомеханической обработки на структуру и свойства. Сверхпроводящие магнитные системы.					15		работе №4
Всего часов	16		16	40			

### Основная литература:

- 1) Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов. – М, Металлургия, 1980.
- 2) Киренский Л.В. Магнетизм. – М., Наука, 1967.
- 3) Мишин Д.Д. Магнитные материалы. – М, Высшая школа, 1991.
- 4) Валиев Р.З., Александров И.В. Объемные наноструктурные металлические материалы. Получение, структура и свойства.- М.: ИКЦ "Академкнига", 2007. - 398с.
- 5) Каганов М.И., Цукерник В.М. Природа магнетизма. – М., Наука, 1982.
- 6) Температура Кюри и намагниченность насыщения никеля с субмикрозернистой структурой /Валиев Р.З., Мулюков Р.Р., Мулюков Х.Я. и др. //Письма в ЖТФ. -1989. -т.15. вып.1. с.78-81.
- 7) Мулюков Х.Я., Корзникова Г.Ф., Никитин С.А. Влияние структурного состояния на температурную зависимость намагниченности диспрозия. //ФТТ. -1995. -т.37. № 8. -с. 2481-2486.
- 8) Мулюков Х.Я., Корзникова Г.Ф. Влияние интенсивной пластической деформации на магнитное состояние гадолиния. //ФММ. -1994. - т.78, вып. 1. -с.35-38.
- 9) Мулюков Х.Я., Шарипов И.З., Никитин С.А. Гистерезис гигантской магнитострикции субмикрорекристаллического диспрозия и эффекты отжига образца. //ФММ. -1996. -т.81. вып.2. -с.70-75.
- 10) О механизме перемагничивания микрокристаллических сплавов NdFeB / Н.А. Манаков, Г.Ф. Корзникова, В.В. Столяров В.В. Толмачев // ФММ. – 1991. - № 1. - С. 197-199.
- 11) Корзникова Г.Ф., Столяров В.В., Тимофеев В.Н. Доменная структура и процессы перемагничивания в быстрозакаленном сплаве системы Nd-Fe-B. // Металлофизика. – 1991. - Т. 13. - № 12.- С. 69-76.
- 12) Роуз-инс А., Родерик Е. Введение в физику сверхпроводимости. – М., Мир, 1972.
- 13) Ципенюк Ю.М. Физические основы сверхпроводимости. – М., Издательство МФТИ, 1996.

### Дополнительная литература

- 1) Новиков И.И. Дефекты кристаллического строения металлов. – М.: Машиностроение, 1983.
- 2) Хоникомб Р. Пластическая деформация металлов. – М: Мир, 1972.

- 3) Головин Ю.И. Наноиндентирование и его возможности. – М: Машиностроение, 2009.
- 4) Боровик Е. С, Еременко В. В., Мильнер А. С. Лекции по магнетизму. - М., ФИЗМАТЛИТ, 2005.
- 5) Белов К.П. Редкоземельные металлы, сплавы и соединения – новые магнитные материалы для техники. – Соросовский образовательный журнал, 1996, №1, с. 94-99.
- 6) Никитин С.А. Магнитные структуры в кристаллических и аморфных веществах. - Соросовский образовательный журнал, 1996, №11, с. 87-95.
- 7) Кандаурова Г.С. Природа магнитного гистерезиса. – Соросовский образовательный журнал, 1997, №1, с. 100-106.
- 8) Бучельников В.Д. Физика магнитных доменов. – Соросовский образовательный журнал, 1997, №12, с. 92-99.
- 9) Белов К.П. Загадки магнетита. – Соросовский образовательный журнал, 2000, №4, с. 71-76.
- 10) Гайдуков Ю.П. Физические основы и методы получения магнитного поля. – Соросовский образовательный журнал, 1996, №4, с. 97-105.
- 11) Чечерников В. И. Магнитные измерения. Изд. МГУ, 1969.
- 12) Преображенский А. А., Бишард Е.Г. Магнитные материалы и элементы. - М., Высшая школа, 1986.
- 13) Мняян М.Г. Сверхпроводники в современном мире. – М., Просвещение, 1991.
- 14) Гоял А. Токонесущие ленты второго поколения на основе высокотемпературных сверхпроводников. М.: Изд. URSS, 2009.
- 15) Казин П.Е., Третьяков Ю.Д. Микрокомпози́ты на основе сверхпроводящих купратов // Успехи химии. 2003. Т. 72. № 10. С. 960-977.

