

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

УТВЕРЖДЕНО:

на заседании кафедры  
протокол № 7 от «5» июня 2018 г.

Зав. кафедрой



/ Мулюков Р.Р.

СОГЛАСОВАНО:

Согласовано:  
Председатель УМК факультета /института



/ Балапанов М.Х.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина **«Методы исследования физических свойств наноматериалов»**

*(наименование дисциплины)*

Дисциплина по выбору

*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

**28.03.03 Наноматериалы**

*(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки

**"Объемные наноструктурные материалы"**

*(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация

**Бакалавр**

*(указывается квалификация)*

Разработчик (составитель)

проф., д.ф.-м.н.

*(должность, ученая степень, ученое звание)*

/ Юмагузин Ю.М.

*(подпись, Фамилия И.О.)*


Для приема: 2018 г.

Уфа 2018 г.

Составитель / составители: профессор, д.ф.-м.н., Юмагузин Ю.М.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры физики и технологии наноматериалов протокол № 7 от «5» июня 2018 года.

Заведующий кафедрой

—  / Мулюков Р.Р./

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.
2. Указание места дисциплины в структуре образовательной программы.
3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.
4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий.
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.
6. Фонд оценочных средств для текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины.
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

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

Изучение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ООП ВО по данному направлению подготовки:

- способности применять базовые знания математических и естественнонаучных дисциплин, дисциплин общепрофессионального цикла в объеме, необходимом в профессиональной деятельности, основных законов соответствующих наук, разработанных в них подходов, методов и результатов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-1);

- способности 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);

- способности применять навыки использования (под руководством) методов анализа физических свойств, оценки, прогнозирования и оптимизации технологических процессов наноматериалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов (ПК-4).

Табл. 1

| Результаты обучения |   | Формируемая компетенция (код)  | Примечание |
|---------------------|---|--------------------------------|------------|
| Знания              | 1. Теоретические основы методов исследований, используемых при изучении механических и физических свойств наноматериалов            | ОПК-1                          |            |
|                     | 2. Назначение, конструктивные особенности приборов и оборудования, используемого при проведении исследований свойств наноматериалов | ПК-1, ПК-9, ПК-10              |            |
|                     | 3. Назначение и области применения экспериментальных исследований свойств наноматериалов  | ОПК-1, ПК-9, ПК-10             |            |
| Умения              | 1. Обосновать выбор метода экспериментального исследования свойств металлических материалов в зависимости от поставленной задачи    | ОК-15, ПК-2, ПК-6, ПК-8, ПК-10 |            |

|                                       |  |                                       |  |
|---------------------------------------|--|---------------------------------------|--|
|                                       | 2. Проводить исследование физических и механических свойств металлических образцов с использованием специального оборудования                              | ОПК-3, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-7         |  |
|                                       | 3. Обрабатывать, представлять и анализировать результаты полученных экспериментальных исследований   | ОПК-1, ОПК-4                          |  |
| Владения (навыки / опыт деятельности) | 1. Навыками работы с оборудованием для определения физических свойств наноматериалов   | ОПК-3, ОПК-5, ПК-2, ПК-3, ПК-9, ПК-10 |  |
|                                       | 2. Навыками поиска требуемой информации с использованием специальной, нормативной и справочной литературы, касающейся областей исследования наноматериалов | ОК-9, ПК-4                            |  |

## 2. Указание места дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Методы исследования физических свойств наноматериалов» является дисциплиной по выбору вариативной части ООП ВО по направлению подготовки 28.28.02 "Наноматериалы", профиль "Конструкционные и функциональные наноматериалы". Изучается студентами на 3 курсе в 6 семестре.

Знания и умения, полученные в результате освоения курса «Методы исследования физических свойств наноматериалов» позволяют проводить исследования свойств металлов и сплавов, в том числе наноструктурных, а также других типов наноматериалов. Изучение физических свойств наноматериалов на современном оборудовании, является одним из необходимых элементов подготовки специалистов по данному профилю.

Дисциплина «Методы исследования физических свойств наноматериалов» - одна из дисциплин профиля, непосредственно формирующих умения проводить самостоятельные научные исследования.

По предмету и методу своих исследований данный курс тесно связан с физикой конденсированного состояния.

## 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Согласно ООП подготовки бакалавра по направлению подготовки 28.28.02 "Наноматериалы" и рабочему учебному плану (РУП) по дисциплине

«Методы исследования физических свойств наноматериалов» отводится: общий объем часов по дисциплине - 108 (всего 3 ЗЕТ);

в том числе аудиторных часов - 50;

контактных часов - **XX**.

Разбиение общего числа часов по видам учебных занятий с указанием их объемов приведено в таблице 2

Табл. 2

| Виды учебной работы                   | Количество часов по семестрам |                 |
|---------------------------------------|-------------------------------|-----------------|
|                                       | Общий объем по РУП 108        | № семестра<br>6 |
| Аудиторные занятия                    | 50                            | 50              |
| Лекции                                | 16                            | 16              |
| Лабораторные занятия                  | 32                            | 32              |
| Практические занятия                  |                               |                 |
| Самостоятельная работа студентов      | 58                            | 58              |
| Контроль самостоятельной работы (КСР) | 2                             | 2               |
| Виды контроля                         | зачет                         | зачет           |

**4. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ

«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины " Методы исследования физических свойств наноматериалов" на 6 семестр

Рабочую программу составил и преподавание осуществляет:

преподаватель кафедры физики и технологии наноматериалов,  
к.ф.- м.н. Мусабинов И.И. (лекции, лабораторные и практические  
занятия)

Зачетных единиц трудоемкости (ЗЕТ)

- 3 Учебных часов:

лекций - 16

лабораторных работ - 32

самостоятельная работа студентов - 58

КСР - 2

В том числе контактных часов - **XX**

Таблица 3

| №<br>п/п | Тема и содержание | Форма изучения материалов (лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа) | Кол-во часов аудиторной работы | Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам | Задания по самостоятельной работе студентов с указанием литературы, номеров задач | Количество часов самостоят. работы | Форма контроля самостоятельной работы студентов (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.) |
|----------|-------------------|--|--------------------------------|---|---|------------------------------------|--|
| 1        | 2                 | 3  | 4                              | 5   | 6   | 7                                  | 8  |



### Модуль 1. Термический анализ

|   |   |  |                   |            |   |          |                      |
|---|---|--|-------------------|------------|---|----------|----------------------|
| 2 | <p><b>Основные термины и определения термического анализа.</b><br/>         Простой термический анализ. Дифференциальный термический анализ. Дифференциальные термограммы. Аппаратура для дифференциального термического анализа. Факторы, влияющие на характер термограмм. Определение теплоты фазового превращения методом дифференциального термического анализа. Применение термического анализа.</p> | <p>Лекция</p> <p>Лабораторная работа</p> | <p>2</p> <p>4</p> | <p>[1]</p> | <p>Оформление отчета и подготовка к защите по лабораторной работе</p> | <p>8</p> | <p>Защита отчета</p> |
|---|---|--|-------------------|------------|---|----------|----------------------|

### Модуль 2. Калориметрический анализ

|   |   |  |                   |            |   |          |                      |
|---|---|--|-------------------|------------|---|----------|----------------------|
| 3 | <p><b>Прямая калориметрия.</b> Методы обратной калориметрии. Метод Смита. Метод Сайкса. Дифференциальная адиабатическая калориметрия. Импульсная калориметрия. Применения калориметрии.</p> | <p>Лекция</p> <p>Лабораторная работа</p> | <p>2</p> <p>4</p> | <p>[2]</p> | <p>Оформление отчета и подготовка к защите по лабораторной работе</p> | <p>7</p> | <p>Защита отчета</p> |
|---|---|--|-------------------|------------|---|----------|----------------------|

### Модуль 3. Дилатометрия

|   |  |                                   |            |     |  |    |               |
|---|--|-----------------------------------|------------|-----|--|----|---------------|
| 4 | <b>Некоторые закономерности теплового расширения.</b> Методы исследования теплового расширения металлов и объемных эффектов фазовых пре- | Лекция<br><br>Лабораторная работа | 2<br><br>4 | [2] | Оформление отчета и подготовка к защите по лабораторной работе | 10 | Защита отчета |
|---|--|-----------------------------------|------------|-----|--|----|---------------|

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
| <p>вращений в них. Терминология, общие замечания и рекомендации. Разновидности дилатометров. Дилатометрический датчик. Индикаторные дилатометры. Дифференциальный оптико-механический дилатометр Шевенара. Обработка дилатограмм. Совмещение дилатометрии с термическим анализом. Некоторые применения дилатометрии.</p> |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|

**Модуль 4. Измерение теплопроводности материалов**

|   |   |                                       |                |            |   |          |                      |
|---|---|---------------------------------------|----------------|------------|---|----------|----------------------|
| 5 | <p>Теплопроводность. Закон Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Стационарный режим теплопроводности и теплопередачи через плоскую и цилиндрическую стенки. Интенсификация процессов теплопередачи. Конвективный теплообмен. Теплообмен при фазовых превращениях. Теплообмен излучением. Теплообменные аппараты. Классификация теплообменных аппаратов. Виды расчетов теплообменных аппаратов. Уравнение теплового баланса рекуператора. Уравнение теплопередачи.</p> | <p>Лекция<br/>Лабораторная работа</p> | <p>2<br/>4</p> | <p>[2]</p> | <p>Оформление отчета и подготовка к защите по лабораторной работе</p> | <p>7</p> | <p>Защита отчета</p> |
|---|---|---------------------------------------|----------------|------------|---|----------|----------------------|

**Модуль 5. Методы измерения электрических свойств**

|   |  |   |                   |               |   |          |                      |
|---|--|---|-------------------|---------------|---|----------|----------------------|
| 6 | <p><b>Методы измерения электрического сопротивления.</b> Метод вольтметра-амперметра. Мостовые методы измерения электросопротивления. Компенсационный метод. Измерения электрического сопротивления бесконтактными методами. Электрическое сопротивление металлических сплавов. Электросопротивление твердых растворов. Электрическое сопротивление интерметаллических соединений и промежуточных фаз. Электрическое сопротивление гетерогенных сплавов. Применения резистометрии в металлофизических исследованиях.</p> | <p align="center">Лекция</p> <p>Лабораторная работа</p> | <p>2</p> <p>4</p> | <p>[3, 4]</p> | <p>Оформление отчета и подготовка к защите по лабораторной работе</p> | <p>8</p> | <p>Защита отчета</p> |
|---|--|---|-------------------|---------------|---|----------|----------------------|

**Модуль 6. Магнитные методы исследования**

|   |  |                                   |            |     |  |   |               |
|---|--|-----------------------------------|------------|-----|--|---|---------------|
| 7 | Классификация веществ по магнитным свойствам. Методы измерения магнитной восприимчивости. Статические магнитные параметры магнитных металлов и сплавов. Доменная структура ферромагнетиков. Измерение статических магнитных параметров | Лекция<br><br>Лабораторная работа | 2<br><br>4 | [3] | Оформление отчета и подготовка к защите по лабораторной работе | 8 | Защита отчета |
|---|--|-----------------------------------|------------|-----|--|---|---------------|

|  |   |                               |          |        |  |    |               |
|--|---|-------------------------------|----------|--------|--|----|---------------|
|  | материалов. Измерение магнитострикции. Магнитные свойства ферромагнитных металлов и сплавов. Исследование фазовых превращений и структурных изменений магнитными методами.  |                               |          |        |  |    |               |
| <b>Модуль 7. Анализ механических свойств</b> |   |                               |          |        |  |    |               |
| 8  | <b>Общие понятия и определения механических свойств.</b> Упругие свойства и неполная упругость металлов. Пластическая деформация и деформационное упрочнение. Разрушение. Свойства при статических испытаниях. Свойства при динамических испытаниях. Твердость. Жаропрочность. Усталость и изнашивание. | Лекция<br>Лабораторная работа | 4<br>8   | [4, 5] | Оформление отчета и подготовка к защите по лабораторной работе | 10 | Защита отчета |
|  |   | <b>ИТОГО</b>                  | 16<br>32 |        |  | 58 | зачет         |

## **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При изучении дисциплины «Методы исследования физических свойств наноматериалов» предусмотрены следующие виды самостоятельной работы:

Самостоятельная работа с литературой. Темы для самостоятельного изучения приведены в рабочей программе по каждому модулю с указанием параграфов основной и дополнительной литературы, в достаточном количестве содержащейся в библиотеке. Контроль данной работы проходит в начале каждого лекционного занятия в течение 10-15 минут по тестовым заданиям.

Самостоятельная подготовка по материалам лекций к прохождению текущего и рубежного контроля. Вопросы по данным видам контроля приведены в соответствующем разделе настоящей программы и выдаются студентам заблаговременно. Контроль данной работы проходит в начале каждого лекционного занятия в течение 10-15 минут по тестовым заданиям.

Самостоятельная работа по подготовке к лабораторной работе, включающая в себя изучение теоретического материала и планирование эксперимента. Необходимый методический материал приведен в методических указаниях к каждой лабораторной работе, содержащихся в пособии. Контроль данной работы проходит в начале каждого лабораторного занятия в течение 10-15 минут в виде допуска к работе.

Самостоятельная работа по математической обработке и анализу полученных результатов, подготовке отчета и ответа на контрольные вопросы. Контроль данной работы проходит на лабораторном занятии в виде защиты отчета и ответа на контрольные вопросы.

На практических занятиях будут решаться типовые задачи по изучаемым темам, и проводиться семинары на заданные темы. Самостоятельная работа студентов предполагает решение задач домашнего задания. При этом студенты должны быть готовы к показу задачи в аудитории при разборе и анализе домашних задач.

## **6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### *Формы и критерии контроля знаний*

Контроль освоения знаний по дисциплине осуществляется путем текущего, рубежного контроля и промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине).

Текущий, рубежный и итоговый контроль проводится по модульно-рейтинговой системе согласно Положению о модульно-рейтинговой системе обучения и оценки успеваемости студентов.



Текущий контроль - это контроль над всеми видами аудиторной и внеаудиторной работы студентов по данной дисциплине, результаты которой оцениваются до рубежного контроля.

Текущий контроль по теоретическому материалу части модуля (лекционному и материалу самостоятельного изучения) проводится в форме тестового опроса или в виде письменного блиц-опроса по 6 вопросам, требующим краткого ответа. Это основные определения, понятия, методы, вопросы на понимание физической основы и математической сути метода и изучаемых им явлений. Каждый вопрос оценивается как часть от максимального балла, назначенного на данный текущий контроль. В зависимости от объема модуля проводится 1-2 текущих контроля. Список вопросов к каждому текущему контролю выдается студентам заранее.

Текущий контроль по лабораторным занятиям проводится в виде отметки о выполнении работы (2 балла) и защиты отчета по лабораторным работам (3 балла). Проводится текущий контроль по семинарским занятиям.

Рубежный контроль – проверка полноты знаний и умений по материалу модуля в целом.

Рубежный контроль проводится в форме тестового опроса или в виде письменного блиц-опроса по 10 вопросам, требующим краткого ответа. Каждый вопрос оценивается как часть от максимального балла, назначенного на рубежный контроль. Вопросы охватывают материал целого модуля и также включают темы лекционных занятий и самостоятельной работы.

По результатам суммарного текущего контроля по всем видам учебной деятельности и рубежного контроля выставляется рейтинговый балл, который учитывается при промежуточной аттестации.

Итоговый контроль – форма контроля, проводимая по завершении изучения дисциплины в семестре.

Итоговый контроль проводится в форме экзамена по теоретическому материалу. Необходимым условием допуска к экзамену является выполнение всех запланированных лабораторных работ.

### *Критерии оценки итогового контроля*

При приеме зачета используются следующие критерии.

#### **(30 баллов)**

Ответ на вопрос должен показать глубокие, прочные знания студента. Ответ должен быть логичным и доказательным. Студенту необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, использовать современные данные науки. Студент должен устанавливать причинно-следственные связи, применять знания в новой ситуации. Студент должен продемонстрировать умение делать аргументированные выводы.

#### **(20 баллов)**

Ответ студента должен показать глубокие, прочные знания. Ответ должен быть логичным и доказательным. Студенту необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, использовать данные современ-

ной науки. Студенту необходимо устанавливать причинно-следственные связи, излагать материал с учетом принципов объективности и научности. В ответе допускаются отдельные несущественные неточности.

**(10 баллов)**

Ответ на вопросы должен показать знания поставленных вопросов. Необходимо знать основные понятия, термины, развернутые определения, фактический материал, использовать данные современной науки. В ответе могут допускаться существенные ошибки и неточности.

**(0 баллов)**

Ответ на поставленные вопросы показывает незнание его содержания, основных понятий, терминов. Студент не умеет устанавливать причинно-следственные связи, излагать материал с учетом принципов научности и объективности, анализировать указанные источники. Ответ студента не соответствует вопросу, а так же при отсутствии ответа и при отказе от ответа.

При изучении дисциплины «Методы исследования физических свойств наноматериалов» текущий контроль осуществляется в виде устного опроса (5 баллов за семестр); допуска, выполнения лабораторных работ, оформления и защиты отчета (35 баллов). Рубежный контроль проводится в форме письменного опроса (три опроса по 10 баллов, всего за семестр 30 баллов). По учебному плану итоговый контроль проводится в форме экзамена (30 баллов).

Преподаватель может поощрить студентов за участие в научных конференциях, конкурсах, олимпиадах, за активную работу на аудиторных занятиях, за публикации статей, за работу со школьниками, выполнение заданий повышенной сложности в виде поощрительных баллов (до 10 баллов за семестр).

Перевод оценки из 100-балльной системы:

- зачтено - от 50 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- не зачтено - менее 50 баллов;

*Вопросы к текущему и рубежному контролю по теоретическому материалу*

1. В чем заключается принцип метода дифференциально-термического анализа?
2. На каком явлении основан метод дифференциального термического анализа?
3. Приведите примеры процессов, протекающих с выделением тепла, с поглощением тепла.
4. Как выглядит дифференциальная термограмма для вещества, претерпевшего эндотермическое превращение?
5. Как выглядит дифференциальная термограмма для вещества, претерпевшего экзотермическое превращение?
6. Для чего нужен эталон при дифференциальной записи термограмм? Какие требования предъявляют к эталону?

7. Как называется прибор для съемки термограмм? Назовите его основные узлы.
8. В каких координатах записывается кривая ДТА?
9. Как влияет скорость нагрева на вид термограмм?
10. Как, сопоставляя кривые ДТА и ДТГ на дериватограмме, отличить эффект химического превращения от физического?
11. Что называется термическим коэффициентом линейного расширения? Объемного расширения? Чем истинный ТКЛР отличается от среднего ТКЛР? 12. Чем определяется механизм теплового расширения?
13. Какие вы знаете методы измерения термического коэффициента расширения? Опишите косвенные методы измерения ТКЛР.
14. Какие приборы называют dilatометрами? Существующие разновидности dilatометров.
15. Что вы знаете о квантовой теории теплового расширения?
16. Какая физическая величина характеризует магнитные свойства вещества? 17. Дайте определение магнитной проницаемости вещества.
18. Как объяснить наличие магнитных свойств у вещества? 19. Что такое пара-, диа- и ферромагнетизм?
20. Что такое домены?
21. Как происходит намагничивание ферромагнетика? 22. Что такое точка Кюри?
23. Что называется деформацией? Чем отличаются упругие и пластические деформации?
24. Что называется механическим напряжением? Какова размерность механического напряжения?
25. В чем отличие нормальных и касательных напряжений? Какими буквами обозначают нормальные и касательные напряжения?
26. Какой формы образцы применяются при испытании металлических материалов на растяжение? Что называется диаграммой растяжения материала? В каких осях она строится?
27. Чем отличаются абсолютная и относительная деформация? Как они обозначаются? Какова их размерность?
28. Что называется жесткостью материала? Какой характеристикой и размерностью они определяются?
29. Что называется пределом упругости материала? Его обозначение и размерность? Как его определить?
30. Что называется условным пределом текучести материала? Его обозначение и размерность? Как его определить?
31. Что называется пределом прочности материала? Его обозначение и размерность? Как его определить?
32. Что называется пластичностью материала? Какие показатели характеризуют пластичность материалов?
33. Что называется относительным остаточным удлинением при разрыве? Его обозначение и размерность? Как его определить?

34. Чем отличаются диаграммы растяжения пластичного, хрупко-пластичного и хрупкого материала?

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

### **Основная**

1. Пергамент М.И. Методы исследований в экспериментальной физике. Учебник. - М.: Интеллект, 2010.
2. Походун А.И., Шарков А.В. Экспериментальные методы исследований. Измерения теплофизических величин. Учебное пособие. СПб: СПб ГУ ИТМО, 2006. - 87 с.
3. Кудин В.И., Мартинович В.А. Электрические свойства металлов и полупроводников. Учебное пособие. Минск: БНТУ, 2008. – 46 с.
4. Павлов П.В., Хохлов А.Ф. Физика твердого тела. 3-е изд.испр. 2000. - 497 с.

### **Дополнительная**

5. Гольцев В.Ю. Методы механических испытаний и механические свойства материалов. Учебное пособие - Москва: МИФИ, 2012.- 228 с. ISBN / ISSN: 978-5-7262-1704-8
6. Лившиц Б.Г., Крапошин В.С., Линецкий Я.Л. Физические свойства металлов и сплавов: Учебник для металлург. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. Б.Г. Лившица. – М.: Металлургия, 1980. – 320 с.
7. Апаев Б.А. Фазовый магнитный анализ сплавов. – М.: Металлургия, 1976. – 280 с.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет" (далее - сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины**

Дополнительная и более подробная информация по наноматериалам доступна по следующим адресам сети Интернет:

- [www.nanometer.ru](http://www.nanometer.ru) – информационный сайт, посвященный нанотехнологиям;
- [www.nauka.name](http://www.nauka.name) – научно-популярный портал; [www.nanojournal.ru](http://www.nanojournal.ru) – российский электронный «Наножурнал»

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Основные темы дисциплины «Методы исследования физических свойств наноматериалов» приведены в таблице 3 рабочего плана, где можно ознакомиться с расшифровкой каждой темы и основными понятиями, которые необходимо освоить по каждому модулю. В этой же таблице подробно прописана тематика самостоятельной работы с указанием литературных ис-

точников. По каждой теме самостоятельной работы в рабочей программе указаны соответствующие параграфы основной и дополнительной литературы, которая есть в достаточном количестве в библиотеке. Рекомендуется активно пользоваться электронными ресурсами библиотеки читального зала физико-технического института.

Самостоятельную работу нужно выполнять систематически для последовательного понимания материала и готовности к промежуточным и рубежным контролям. При возникновении вопросов необходимо обращаться к лектору в отведенное время за консультацией. Возможна консультация с использованием электронной почты или социальной сети.

Обязательное условие успешного освоения лекционного материала – внимательно слушать объяснения преподавателя, вести краткий конспект, задавать вопросы лектору, если возникает непонимание материала. Очень полезно обратиться к литературе, которую рекомендовал преподаватель по каждой лекции, и уяснить непонятные моменты. Если по какой-либо причине лекционное занятие было пропущено, материал необходимо проработать по рекомендуемой литературе, в противном случае следующая тема будет непонятна.

Лабораторные занятия требуют предварительной подготовки. Получив у преподавателя тему работы необходимо: проработать теоретический материал по данной работе (лекционный либо по учебной литературе); спланировать выполнение лабораторной работы: четко уяснить порядок выполнения работы, подготовить порядок сохранения и обработки полученных результатов. Перед выполнением работы необходимо сдать допуск преподавателю. После получения результатов расчетов и их предварительной обработки нужно проанализировать полученные результаты, сформулировать вывод и подготовить ответы на контрольные вопросы, которые приведены в конце работы.

Ниже перечислена тематика лабораторных работ:

Лабораторная работа № 1. Исследование фазовых превращений нанокристаллического материала с помощью дифференциально-термического анализа.

Лабораторная работа № 2. Проведение калориметрических исследований наноматериалов.

Лабораторная работа № 3. Измерение термического расширения материала в нанокристаллическом и ультрамелкозернистом состоянии

Лабораторная работа № 4. Определение коэффициента теплопроводности твердого тела.

Лабораторная работа № 5. Исследование температурной зависимости электрического сопротивления материалов в нанокристаллическом состоянии.

Лабораторная работа № 6. Исследование температурной зависимости намагниченности материалов.

Лабораторная работа № 7. Проведение механических испытаний на растяжение.

Лабораторная работа № 8. Исследование микротвердости материалов в различном структурном состоянии.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Во время лекционных занятий используется ноутбук и проектор для показа презентаций, выполненных в Power Point Presentation или Open Office Impress.

При анализе и обработке результатов, оформлении отчета студенты самостоятельно используют любые программы для построения графиков функций одной переменной (Excel, Grapher, Open Office Calc) и набора текста с рисунками, формулами (Microsoft Word, Open Office Writer).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для проведения лекционных занятий используется аудиторный фонд физико-технического института.

Лабораторные занятия проводятся в специализированных лабораториях физико-технического института и ИПСМ РАН.

### ***Применяемое оборудование***

1. Дифференциально-сканирующий калориметр Netzsch STA 449 F1.
2. Кварцевый дилатометр с датчиком перемещения на основе дифференциального трансформатора.
3. Оборудование для сборки схемы записи температурной зависимости электрического сопротивления металлических материалов.
4. Вибрационный магнитометр.
5. Автоматические магнитные микровесы.
6. Универсальная испытательная машина «INSTRON-1185».
7. Нанотвердомер.

