

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.01.01
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Приборы и методы физического исследования структуры и свойств
перспективных материалов**

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)
03.06.01 Физика и астрономия

направленность (профиль)/специализация
Физика конденсированного состояния

Форма обучения: очная

Год набора: 2021

Общая трудоемкость: 3 ЗЕ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (курс)	4	Итого
Форма контроля	Зачет	
Вид занятий		
Лекции	4	4
Лабораторные	2	2
Практические	2	2
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация		
Контактная работа	8	8
Самостоятельная работа	100	100
Контроль		
Итого	108	108

Рабочую программу составил(и):

Доцент, к.т.н., Мурашкин С.В.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:

☐

Отсутствует

☐

Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки (специальности)

03.06.01 Физика и астрономия

Срок действия рабочей программы дисциплины до «01» 10 2025г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры «Нанотехнологии, материаловедение и механика»

(протокол заседания № 1 от «31» августа 2020г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – научить аспирантов использовать современные методы физического исследования структуры и свойств материалов, выполнять их контроль и диагностику, грамотно трактовать результаты исследований.

Задачи:

1. Формирование у аспирантов понятий о назначении, области применения, ограничениях и перспективах основных методов исследования и контроля материалов и изделий;
2. Освоение аспирантами основных методик контроля и нормативных документов, регламентирующих эту деятельность;
3. Получение навыков работы на научно-исследовательском оборудовании и с приборами неразрушающего контроля, документального оформления результатов исследования и контроля.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: «Системный подход в диссертационном исследовании»; «Методика постановки и проведения эксперимента»; «Физика конденсированного состояния».

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: научные исследования; подготовка и сдача государственного экзамена; выполнение диссертационного исследования.

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
(ОПК-1) - способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	-	Знать: современные методы и информационно-коммуникационные технологии, применяемые при исследовании структуры и свойств перспективных материалов
		Уметь: осуществлять сбор данных, изучать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию по тематике исследования
		Владеть: навыками эксплуатации современного оборудования и приборов
(ПК-2) - умение экспериментально устанавливать состояния конденсированных веществ, изменение их	-	Знать: классификацию методов исследования и контроля материалов; понятийный и терминологический аппарат в области методов

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
физических свойств в результате различных внешних воздействий		исследования и контроля материалов
		Уметь: выбирать из числа существующих методов комплекс испытаний наиболее рациональный
		Владеть: навыками проведения контроля и диагностики материалов
(ПК-4) - способность разрабатывать экспериментальные методы изучения физических свойств материалов и создание физических основ промышленной технологии получения материалов с определенными свойствами	-	Знать: возможности и ограничения основных методов исследования, контроля и диагностики материалов
		Уметь: разрабатывать технологические карты контроля и испытаний материалов
		Владеть: навыками самостоятельного использования технических средств

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
1. Методы и приборы физического исследования структуры и свойств перспективных материалов	Лекция-беседа с использованием презентации	1.Обзорная лекция по методам исследования, контроля и диагностики материалов	4	2	-	-	
		1.1 Методы оптической микроскопии	4		-	-	Доклад по выбранной теме
		1.2 Рентгеновские методы исследования	4		-	-	Доклад по выбранной теме
	Практическое занятие в форме семинара-дискуссии	1.3 Электронно-микроскопические методы исследования	4	2	-	-	Отчет; Доклад по выбранной теме
		1.4 Зондовые методы исследования	4		-	-	Доклад по выбранной теме
2. Методы контроля и диагностики структуры и свойств перспективных материалов	Лекция-беседа с использованием презентации	2.1 Качество продукции и методы контроля	4	2	-	-	Доклад по выбранной теме
		2.2 Методы контроля механических свойств материалов	4		-	-	Доклад по выбранной теме
	Лабораторное занятие	2.3 Методы контроля физических характеристик	4	2	-	-	Доклад по выбранной теме
	Самостоятельная работа		4	100	-	-	
Итого:				108	-		
				108			

5. Образовательные технологии

При подготовке к занятиям, текущему контролю и промежуточной аттестации студенты могут воспользоваться электронной библиотекой ВУЗа, получить доступ к учебно-методическим материалам как библиотеки ВУЗа, так и иных электронных библиотечных систем. При необходимости студенты могут взять литературу на кафедре или на абонементе вузовской библиотеки в печатном виде, а также воспользоваться читальными залами.

6. Методические указания по освоению дисциплины

Используется технология традиционного обучения- организация учебного процесса в вузе, основанная на лекционно-практической формах обучения.

Дидактические единицы, предусмотренные рабочей программой на самостоятельную проработку, должны быть изучены студентами в ходе самостоятельной работы. В ходе самостоятельной работы каждый студент обязан прочитать основную и по возможности дополнительную литературу по изучаемой теме, дополнить конспекты лекций недостающим материалом, выписками из рекомендованных первоисточников. Конспектирование наиболее сложные для понимания темы необходимо сочетать с получением письменных, а при возможности, и очных устных консультаций преподавателя.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр/курс	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
4	ОПК-1, ПК-2, ПК-4	Тематический доклад Отчет по практической работе
4	ОПК-1, ПК-2, ПК-4	Тематический доклад Отчет по практической работе

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1.

Примерные темы докладов

(наименование оценочного средства)

1. История развития оптической микроскопии. Пробоподготовка для оптической микроскопии.
2. Физические основы оптической микроскопии. Устройство оптического микроскопа: основные узлы, их назначение и разновидности, принципиальная схема.
3. Оптическая микроскопия на просвет и на отражение. Металлография.
4. Методы оптической микроскопии: исследование в светлом и темном поле, методика косого освещения.
5. Методы оптической микроскопии: микроскопия в режиме освещения Рейнберга, в режиме освещения Келлера, в режиме освещения Хоффмана.
6. Методы оптической микроскопии: лазерная конфокальная микроскопия; интерферометрия, поляризационная микроскопия.
7. Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия. Флуоресцентная микроскопия.
8. Низковольтная электронная микроскопия: принцип действия и особенности осуществления.

9. Электронная микроскопия высокого и сверхвысокого разрешения.
10. Механизм формирования изображения и виды контраста в растровой электронной микроскопии.
11. Пробоподготовка для просвечивающей и растровой электронной микроскопии.
12. Взаимодействие излучения с веществом. Типы сигналов, регистрируемых электронными микроскопами.
13. Механизм формирования изображения и виды контраста в просвечивающей электронной микроскопии.
14. Использование сфокусированных электронных и ионных пучков для анализа и модификации материалов. Электронная и ионная литография.
15. Электронно-зондовые микроанализаторы. Биологическая электронная микроскопия. Криомикроскопия.
16. Аппаратура для СЗМ (зонды, сканеры, система управления, система обратной связи, их устройство и принцип действия)
17. Измерительные методики СЗМ.
18. Взаимодействие между зондом и образцом (ориентационное взаимодействие, индукционное взаимодействие, дисперсионное взаимодействие, Ван-дер-ваальсовское притяжение зонда к образцу). Силы взаимодействия зонда и образца (капиллярные силы, межмолекулярные силы Ван-дер-Ваальса, адгезионные силы)
19. Использование методов СЗМ в исследовании поверхности твердого тела (туннельная спектроскопия для определения параметров проводимости структур, изучение наноразмерных структур на поверхности трехмерных макрообъектов, применение АСМ для измерения типа проводимости, применение СЕМ для расчета концентрации электрически активных примесей)
20. Методы исследования поверхности материалов. Ионный микроанализ. Автоионная микроскопия. Ионно-нейтрализационная спектроскопия.
21. Методы исследования поверхности материалов. Оже-электронная спектроскопия. Дифракция медленных электронов. Полевая электронная микроскопия.
22. Методы исследования поверхности материалов. Ядерный гамма-резонанс. Масс-спектроскопия вторичных ионов.
23. Рентгено-структурный анализ и его применение для анализа структуры металлов
24. Рентгенофлуоресцентный элементный анализ как инструмент контроля и диагностики
25. Рентгенофлуоресцентная спектроскопия
26. Рентгеновская и гамма-дефектоскопия
27. Метод малоуглового рассеяния рентгеновских лучей
28. Рентгено-спектральный анализ и его применение
29. Применимость различных рентгеновских методов исследования для диагностики и контроля конкретных материалов (металлов, сплавов, диэлектриков, полимеров, гелей, нанообъектов, биообъектов)
30. Акустические методы контроля
31. Вихревые методы контроля
32. Капиллярные методы контроля
33. Магнитные методы контроля
34. Оптические методы контроля
35. Радиационные методы контроля
36. Радиоволновые методы контроля
37. Тепловые методы контроля
38. Методы течеискания
39. Электрические методы контроля
40. Вибрационные методы контроля
41. Диагностика объектов машиностроения
42. Качество продукции и методы контроля

Краткое описание и регламент выполнения

Объем доклада должен быть рассчитан на произнесение доклада в течение 7 -10 минут (3-5 машинописных листа текста с докладом).

В докладе должны быть отражены следующие моменты:

1. История появления данного метода (методики);
2. Физические основы метода (методики);
3. Прибор, реализующий данный метод (методику), и особенности его конструкции;
4. Требования к образцам, используемым в данном методе (методике);
5. Примеры осуществления данного метода (методики);
6. Возможности метода (методики).

При подготовке необходимо составить не только текст доклада, но и необходимый иллюстративный материал, сопровождающий доклад (основные тезисы, формулы, схемы, чертежи, таблицы, графики и диаграммы, фотографии и т.п.) в виде презентации в формате PowerPoint.

Критерии оценки:

- «отлично» - подготовлена презентация и сделано устное сообщение, где раскрыты история появления и физические основы методики; прибор, реализующий данную методику, и особенности его конструкции; требования к образцам, используемым в данной методике; примеры осуществления данной методики; возможности методики.
- «хорошо» - подготовлена презентация и сделано устное сообщение, где раскрыты требования к образцам, используемым в данной методике; прибор, реализующий данную методику, и особенности его конструкции; возможности методики.
- «удовлетворительно» - подготовлена презентация и сделано устное сообщение, где показаны прибор, реализующий данную методику, и особенности его конструкции.
- «неудовлетворительно» - не подготовлена презентация и не сделано устное сообщение либо сделанное сообщение не раскрывает и половины требований, предъявляемых к критерию «отлично».

7.2.2. Комплект отчетов по практическим работам

Практическая работа № 1 «Просвечивающая электронная микроскопия»

1. Название работы
2. Цель работы, задачи работы
3. Оборудование и материалы
4. Конспект теоретических сведений (изложить принципиальную схему электронного микроскопа с пояснениями назначений и параметров основных узлов; применение метода электронной микроскопии в материаловедении)
5. Описание выполненных работ.

Практическая работа № 2 «Измерение рельефа и упругих свойств поверхности методами атомно-силовой микроскопии»

1. Название работы
2. Цель работы, задачи работы
3. Оборудование и материалы
4. Конспект теоретических сведений (изложить принципиальную схему сканирующего зондового микроскопа с пояснениями назначений и параметров основных узлов; основные методики атомно-силовой микроскопии; описание взаимодействия зонда с поверхностью; факторы, влияющие на изображение)

5. Описание выполненных работ.

Цель работы, задачи работы, описание методики расчетов, используемого оборудования должны отражать тему практической работы, а также конкретные задачи, поставленные аспиранту на период выполнения работы. По объему их описание составляет от нескольких строк до 0,5 страницы.

Конспект теоретических сведений. В этом разделе излагается теоретическое описание изучаемого в работе явления или процесса, приводятся также необходимые расчетные формулы. Приводится схема экспериментальной установки с описанием ее работы и подробно излагается методика проведения эксперимента, процесс получения данных и способ их обработки.

Экспериментальные результаты. В этом разделе приводятся непосредственно результаты, полученные в ходе проведения работ.

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется, если практическая работа выполнена, отчет оформлен, даны ответы на контрольные вопросы;
- оценка «не зачтено» выставляется, если практическая работа не выполнена или не оформлен отчет или не даны ответы на контрольные вопросы.

Требования к оформлению

Титульный лист оформляется следующим образом:

1. В верхнем поле листа указывают полное наименование учебного заведения и кафедры, на которой выполнялась данная работа.
2. В среднем поле указывается вид работы, в данном случае лабораторная работа, и ниже ее название. Название практической работы приводится без слова *тема* и в кавычки не заключается.
3. Далее ближе к правому краю титульного листа указывают фамилию, инициалы, выполнившего работу.
4. В нижнем поле листа указывается место выполнения работы и год ее написания (без слова *год*).

Образец написания титульного листа практической работы:

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Кафедра «Нанотехнологии, материаловедение и механика»

Практическая работа № 1
Просвечивающая электронная микроскопия

Выполнил:
Аспирант _____
ФИО

Тольятти 2020

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Курс 4

№ п/п	Вопросы к экзамену (зачету, зачету с оценкой)
1	История развития оптической микроскопии. Пробоподготовка для оптической микроскопии.
2	Физические основы оптической микроскопии. Устройство оптического микроскопа: основные узлы, их назначение и разновидности, принципиальная схема.
3	Оптическая микроскопия на просвет и на отражение. Металлография.
4	Методы оптической микроскопии: исследование в светлом и темном поле, методика косого освещения.
5	Методы оптической микроскопии: микроскопия в режиме освещения Рейнберга, в режиме освещения Келлера, в режиме освещения Хоффмана.
6	Методы оптической микроскопии: лазерная конфокальная микроскопия; интерферометрия, поляризационная микроскопия.
7	Сканирующая ближнепольная оптическая микроскопия. Флуоресцентная микроскопия.
8	Методы и приборы для регистрации рентгенограмм: фотометод и рентгеновская дифрактометрия.
9	Классификация методов рентгеноструктурного анализа. Методы исследования монокристаллов.
10	Метод поликристалла. Принципы определения кристаллической структуры по рентгенограмме поликристалла. Прецизионное определение периодов решетки.
11	Фазовый качественный и количественный анализ. Определение типа твердого раствора.
12	Оценка совершенства структуры зерен в поликристаллах по уширению дифракционных максимумов. Оценка размеров частиц в наноматериалах.
13	Основные идеи Берга, лежащие в основе дифракционной топографии. Метод Берга-Барретта. Метод Шульца, Ламбо, Гинье-Тенневина, метод Фудживаро.
14	Рентгеновская топография высокого разрешения. Метод Ланга и его возможности. Методы аномального прохождения, основанные на эффекте Бормана. Секционная топография.
15	Двухкристальная рентгеновская топография и спектроскопия. Трехкристальная топография.
16	Рентгеновская топография в синхротронном излучении. Топография в непрерывном спектре.
17	Анализ текстур: построение и анализ прямых и обратных полюсных фигур.
18	Низковольтная электронная микроскопия: принцип действия и особенности осуществления.
19	Зеркальная электронная микроскопия.
20	Получение и обработка изображений нанообъектов. Разрешение и критерии его оценки.

21	Использование сфокусированных электронных и ионных пучков для анализа материалов.
22	Электронная и ионная литография.
23	Электронная микроскопия высокого и сверхвысокого разрешения.
24	Механизм формирования изображения и виды контраста в растровой электронной микроскопии.
25	Электронно-зондовые микроанализаторы.
26	Интерпретация трехмерной структуры нанообъектов. Трехмерная реконструкция: основные принципы.
27	Пробоподготовка для просвечивающей и растровой электронной микроскопии.
28	Биологическая электронная микроскопия. Криомикроскопия.
29	Взаимодействие излучения с веществом. Типы сигналов, регистрируемых электронными микроскопами.
30	Аппаратура для СЗМ (зонды, сканеры, система управления, система обратной связи).
31	Измерительные методики СТМ (топографический режим, токовый режим, спектроскопия).
32	Типы силовых взаимодействий в АСМ. Упругие взаимодействия. Задача Герца.
33	Силы взаимодействия зонда и образца (капиллярные силы, межмолекулярные силы Ван-дер-Ваальса, адгезионные силы)
34	Взаимодействие между зондом и образцом (ориентационное взаимодействие, индукционное взаимодействие, дисперсионное взаимодействие, Ван-дер-ваальсовское притяжение зонда к образцу)
35	Метрологическое обеспечение АСМ (хранение единицы длины, линейные меры для атомно-силовых микроскопов, методика поверки АСМ)
36	Использование методов СЗМ в исследовании наноструктур и поверхности твердого тела (туннельная спектроскопия для определения параметров проводимости структур, изучение наноразмерных структур на поверхности трехмерных макрообъектов, применение АСМ для измерения типа проводимости, применение СЕМ для расчета концентрации электрически активных примесей)
37	СЗМ литография. Электрохимическая СЗМ модификация поверхности
38	Пленки Ленгмюра-Блоджетт и СЗМ. Измерение ЛБ-пленок в режимах СТМ и полуконтактных мод
39	Методы исследования поверхности материалов. Ионный микроанализ. Автоионная микроскопия. Ионно-нейтрализационная спектроскопия.
40	Методы исследования поверхности материалов. Оже-электронная спектроскопия. Дифракция медленных электронов. Полевая электронная микроскопия.
41	Методы исследования поверхности материалов. Ядерный гамма-резонанс. Масс-спектроскопия вторичных ионов.
42	Методы исследования пористой структуры наноматериалов. Методы газопроницаемости и адсорбционные (статические и динамические) методы для определения удельной поверхности наноматериалов. Объемные и массовые статические методы определения удельной поверхности.
43	Методы определения элементного состава дисперсных сред. Химические методы: гравиметрический (массовый) и титриметрический (объемный) анализы.

44	Методы исследования механических свойств материалов. Статические испытания материалов.
45	Методы исследования механических свойств материалов. Твердость и микротвердость металлов.
46	Методы исследования механических свойств материалов. Динамические испытания материалов.
47	Методы исследования механических свойств материалов. Циклические испытания материалов.
48	Методы исследования физических характеристик материалов. Метод определения электросопротивления. Сверхпроводимость.
49	Методы исследования физических характеристик материалов. Оптические свойства наносистем. Квантоворазмерный эффект.
50	Методы исследования физических характеристик материалов. Метод внутреннего трения.
51	Методы исследования физических характеристик материалов. Метод акустической эмиссии.
52	Методы исследования физических характеристик материалов. Дифференциальная сканирующая калориметрия.
53	Методы исследования физических характеристик материалов. Методы определения магнитных свойств веществ и наносистем.
54	Методы исследования физических характеристик материалов. Методы измерения энтальпии, теплоемкости и теплопроводности.
55	Методы исследования физических характеристик материалов. Методы измерения плотности и термического расширения материалов.

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр/ курс	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
	Защита практической работы	«зачтено»	практическая работа выполнена, отчет по работе оформлен, даны ответы на контрольные вопросы
		«не зачтено»	практическая работа не выполнена или не оформлен отчет или не даны ответы на контрольные вопросы
	Тематический доклад	«отлично»	подготовлена презентация и сделано устное сообщение, где раскрыты история появления и физические основы методики; прибор, реализующий данную методику, и особенности его конструкции; требования к образцам, используемым в данной методике; примеры осуществления данной методики; возможности методики

Семестр/ курс	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
		«хорошо»	подготовлена презентация и сделано устное сообщение, где раскрыты требования к образцам, используемым в данной методике; прибор, реализующий данную методику, и особенности его конструкции; возможности методики
		«удовлетворительно»	подготовлена презентация и сделано устное сообщение, где показаны прибор, реализующий данную методику, и особенности его конструкции
		«неудовлетворительно»	не подготовлена презентация и не сделано устное сообщение либо сделанное сообщение не раскрывает и половины требований, предъявляемых к критерию «отлично»

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Т.В. Панова	Современные методы исследования вещества. Электронная и оптическая микроскопия [Электронный ресурс]	Учебное пособие	2016	ЭБС «IPRbooks»
2	Ю. А. Быков, С. Д. Карпухин	Методы исследования материалов и покрытий [Электронный ресурс]	Методические указания	2015	ЭБС «Лань»

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Н. Н. Абрамов [и др.]	Современные методы исследований функциональных материалов [Электронный ресурс]	Лабораторный практикум	2011	ЭБС «Лань»
2	Е. В. Пояркова, С. Н. Горелов	Диагностика повреждений металлических материалов и конструкций [Электронный ресурс]	Учебное пособие	2014	ЭБС «IPRbooks»
3	О.Н. Каныгина, А.Г Четверикова, В.Л. Бердинский	Физические методы исследования веществ	Учебное пособие	2014	ЭБС «IPRbooks»
4	К.П. Латышенко	Методы исследований процессов и материалов [Электронный ресурс]	Лабораторный практикум	2013	ЭБС «IPRbooks»
5	Э. Ф. Вознесенский, Ф. С. Шарифуллин, И. Ш. Абдуллин.	Методы структурных исследований материалов. Методы микроскопии [Электронный ресурс]	Учебное пособие	2014	ЭБС «IPRbooks»

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Металлообработка [Электронный ресурс] : научно-произв. журн. / Электрон. журн. — Издательство «Политехника», 2001— . — Режим доступа к журн.: <http://www.polytechnics.ru/magazine/met.html>
- WebofScience[Электронный ресурс] : мультидисциплинарная реферативная база данных. — Philadelphia: ClarivateAnalytics, 2016— . — Режим доступа : apps.webofknowledge.com. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
- Scopus[Электронный ресурс] : реферативная база данных. — Netherlands: Elsevier, 2004— . — Режим доступа : scopus.com. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
- Elibrary[Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. — Москва : НЭБ, 2000— . — Режим доступа : elibrary.ru. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.
- SpringerLink[Электронный ресурс] : [база данных]. — Switzerland: SpringerNature, 1842— . — Режим доступа : link.springer.com. — Загл. с экрана. — Яз. англ.
- ScienceDirect[Электронный ресурс] : коллекция электронных книг издательства Elsevier. — Netherlands: Elsevier, 2018— . — Режим доступа : sciencedirect.com. — Загл. с экрана. — Яз. англ.
- Cambridgeuniversitypress[Электронный ресурс] : журналы издательства. — Cambridge: Cambridgeuniversitypress, 2018— . — Режим доступа : cambridge.org. — Загл. с экрана. — Яз. англ.
- NEICON[Электронный ресурс] : электронная информация : архив научных журналов. — Москва : НЭИКОН, 2002— . — Режим доступа : neicon.ru/resources/archive. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно
2	Office Standart	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно; Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия - бессрочно

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	Лаборатория "Компьютерное моделирование физических процессов". (Г-426)	Столы ученические двухместные, стол преподавательский, стулья, доска аудиторная (меловая), проектор, экран, акустическая система, компьютер преподавателя, компьютерный стол, компьютер студенческий, кафедра.
2	Лаборатория "Термообработка материалов". (Г-111)	Столы ученические двухместные, стол преподавательский, стул преподавательский, доска аудиторная

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
		(меловая), печи, твердомеры, термодары, станок полировальный
3	Помещение для самостоятельной работы студентов. (Г-401)	Столн ученические, стулья ученические, ПК с выходом в сеть Интернет