

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯТШ

Долматов О.Ю.

«01» 09 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПРИЕМ 2020 г.

ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная

Экспериментальные методы в исследовании конденсированного состояния

Направление подготовки/ специальность	03.03.02 Физика		
Образовательная программа (направленность (профиль))	Физика конденсированного состояния		
Специализация	-		
Уровень образования	высшее образование - бакалавриат		
Курс	4	семестр	7, 8
Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах)	6		
Виды учебной деятельности	Временной ресурс		
Контактная (аудиторная) работа, ч	Лекции	46	
	Практические занятия	27	
	Лабораторные занятия	43	
	ВСЕГО	116	
Самостоятельная работа, ч			172
в т.ч. отдельные виды самостоятельной работы с выделенной промежуточной аттестацией (курсовой проект, курсовая работа)			курсовая работа
ИТОГО, ч			288

Вид промежуточной
аттестации

**Зачет,
диф.
зачет,
экзамен**

Обеспечивающее
подразделение

ОЭФ

Заведующий кафедрой -
руководитель отделения на
правах кафедры
Руководитель ООП
Преподаватель

Лидер А.М.

Склярова Е.А.

Панин А.В.

2020 г.

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся определенного ООП (п. 5. Общей характеристики ООП) состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций)	
		Код	Наименование
ПК(У)-2	Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта	ПК(У)-2.B1	Владеет опытом применения сложного физического оборудования
		ПК(У)-2.У1	Умеет использовать современную приборную базу
		ПК(У)-2.31	Знает основные методы научных исследований в области физики конденсированного состояния
		ПК(У)-2.B2	Владеет опытом обработки результатов научных исследований при помощи информационных технологий
		ПК(У)-2.У2	Умеет использовать информационные технологии в расчетах профессиональных задач
		ПК(У)-2.32	Знает возможности информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта
ПК(У)-4	Способен применять на практике профессиональные знания и умения, полученные при освоении профильных физических дисциплин	ПК(У)-4.B1	Владеет опытом измерения результатов физического эксперимента
		ПК(У)-4.У1	Умеет осваивать новые методы и приборы исследования в области физики конденсированного состояния
		ПК(У)-4.31	Знает методы измерений результатов физического эксперимента

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 учебного плана образовательной программы.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

Планируемые результаты обучения по дисциплине		Компетенция
Код	Наименование	
РД-1	Владеть опытом исследования микроструктуры конструкционных материалов	ПК(У)-2
РД-2	Уметь выбирать правильную методику аттестации структуры и морфологии поверхности твердых тел	ПК(У)-2
РД -3	Знать принципы действия современного исследовательского оборудования	ПК(У)-2
РД-4	Владеть опытом тестирования эксплуатационных характеристик	ПК(У)-2
РД-5	Уметь выбирать правильную методику измерения механических характеристик нагруженных конструкций	ПК(У)-2
РД-6	Знать особенности и границы применимости экспериментальных методов исследования механических характеристик	ПК(У)-2
РД-7	Владеть опытом эксплуатации исследовательского оборудования	ПК(У)-4
РД-8	Уметь проводить анализ полученных результатов микроструктурных исследований	ПК(У)-4
РД-9	Знать основные преимущества и недостатки экспериментального оборудования и методов исследования	ПК(У)-4

Оценочные мероприятия текущего контроля и промежуточной аттестации представлены в календарном рейтинг-плане дисциплины.

4. Структура и содержание дисциплины

Основные виды учебной деятельности

Разделы дисциплины	Формируемый результат обучения по дисциплине	Виды учебной деятельности	Объем времени, ч.
Раздел 1. СТРУКТУРНЫЕ МЕТОДЫ АТТЕСТАЦИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ	РД-1 РД-2 РД-3 РД-4 РД-5 РД-6 РД-7 РД-8 РД-9	Лекции	11
		Лабораторные занятия	11
		Практические занятия	6
		Самостоятельная работа	43
Раздел 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ	РД-1 РД-2 РД-3 РД-4 РД-5 РД-6 РД-7 РД-8 РД-9	Лекции	11
		Лабораторные занятия	11
		Практические занятия	6
		Самостоятельная работа	43
Раздел 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ	РД-1 РД-2 РД-3 РД-4 РД-5 РД-6 РД-7 РД-8 РД-9	Лекции	11
		Лабораторные занятия	11
		Практические занятия	6
		Самостоятельная работа	43
Раздел 4. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ	РД-1 РД-2 РД-3 РД-4 РД-5 РД-6 РД-7 РД-8 РД-9	Лекции	13
		Лабораторные занятия	10
		Практические занятия	9
		Самостоятельная работа	43

Содержание разделов дисциплины:

Раздел 1. СТРУКТУРНЫЕ МЕТОДЫ АТТЕСТАЦИИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Темы лекций:

Лекция 1. Методы исследования взаимодействия элементарных частиц. Адронный коллайдер. Связь структуры твердых тел с их эксплуатационными характеристиками. Экспериментальные методы исследования фоновых и электронных спектров кристаллов. Физические принципы детектирования элементарных частиц.

Лекция 2. Просвечивающая электронная микроскопия. Принцип получения изображений. Формирование дифракционной картины и изображений в сканирующем электронном микроскопе. Светлопольные и темнопольные изображения.

Пробоподготовка. Электронография.

Лекция 3. Принцип получения картин дифракции обратно рассеянных электронов. Линии Кикучи. Возможности метода EBSD.

Лекция 4. Принцип рентгеновской дифракции. Принцип генерирования рентгеновского излучения. Условие Вульфа-Брэгга.

Лекция 5. Рентгеноструктурный анализ. Рентгеноспектральный анализ. Рентгенофлюоресцентный анализ. Расчет областей когерентного рассеяния, микро- и макронапряжений.

Лекция 6. ВИМС, ОЖЕ-спектрометрия. Десорбционные методы анализа. Термодесорбция, электронно-стимулированная десорбция, фотодесорбция, десорбция ионным ударом, полевая десорбция. Современные масс-спектрометры.

Лекция 7. Ультразвуковая дефектоскопия. Основные закономерности распространения ультразвуковых волн в кристалле. Влияние дефектов кристаллической решетки на скорость звука. Методы измерения сигналов. Методы выделения сигналов на фоне помех, методы обнаружения разделения и выделения сигналов.

Лекция 8. Синхротронное излучение. Теория синхротронного излучения. Источники синхротронного излучения. Спектроскопия на источниках СИ. Структурные исследования с СИ: Технологические применения синхротронного излучения. Экспериментальные методы исследования конденсированного состояния с использованием нейтронных пучков.

Названия практических занятий:

1. Расшифровка дифракционных картин моно- и поликристаллов
2. Определение плотности дислокаций методом электронной микроскопии
3. Анализ картин дифракции обратно рассеянных электронов
4. Расшифровка дифрактограмм однофазного или многофазного образцов
5. Расчет макронапряжений и оценка размера областей когерентного рассеяния
6. Расшифровка масс-спектров металлов и сплавов
7. Определение скорости распространения звука в металлах
8. Расшифровка спектров синхротронного излучения

Названия лабораторных работ:

1. Спектральный анализ металлов и сплавов
2. Электронный микроскопический анализ структуры моно- и поликристаллов
3. Рентгеноструктурный анализ фазового состава и параметров твердого раствора на основе титана
4. Высокотемпературный рентгеноструктурный анализ металлических образцов
5. Исследования элементного состава поверхности методом вторично-ионной масс-спектрометрии
6. Исследование дефектной структуры поверхностно-упрочненных металлов методом акустоэмиссии

Раздел 2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ

Темы лекций:

Лекция 9. Сканирующая зондовая микроскопия. Принцип получения изображений. СТМ - измерения в режимах постоянного тока и постоянной высоты. Контактный, бесконтактный и полуконтактный режимы работы АСМ. Потенциал Леннарда-Джонса. Преимущества и недостатки сканирующей туннельной и атомно-силовой микроскопии. Границы применения.

Лекция 10. Фракталы. Самоподобные и самоафинные поверхности. Фрактальный анализ поверхности по СЗМ-изображениям.

Лекция 11. Сканирующая электронная микроскопия. Принцип получения изображений.

Преимущества и недостатки. Фрактографический анализ.

Лекция 12. Принцип действия, увеличение и разрешающая способность оптического микроскопа. Оптическая профилометрия. Определение ориентации кристаллов. Аттестация зеренной структуры.

Названия практических занятий:

1. Определение основных параметров шероховатости поверхности.
2. Определение среднего размера зерна и распределения зёрен по размерам

Названия лабораторных работ:

1. Исследование морфологии поверхности тонких пленок и покрытий методом атомно-силовой микроскопии
2. Металлографическое исследование структуры моно- и поликристаллов

Раздел 3. МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТВЕРДЫХ ТЕЛ
--

Темы лекций:

Лекция 13. Виды деформации твердых тел. Упругая и пластическая деформация. Виды статического и динамического нагружения. Растяжение, сжатие, трех и четырех точечный изгиб, знакопеременный изгиб. Разрывные машины. Источники ошибок при прочностных испытаниях.

Лекция 14. Кривая «напряжение-деформация». Упругие константы, пределы текучести и прочности, пластичность материалов.

Лекция 15. Хрупкое и вязкое разрушение твердых тел. Усталостное разрушение. Методы определения остаточного ресурса работы узлов и механизмов.

Лекция 16. Ползучесть материалов. Виды ползучести. Определение ударной вязкости материалов. Порог хладноломкости.

Лекция 17. Трение и износ. Измерение коэффициента трения. Методы оценки износостойкости материалов.

Лекция 18. Анализ твердости материалов. Методы измерения твердости. Твердость по Бринеллю, Роквеллу и Виккерсу. Измерение микротвердости. Физические основы микротвердости. Структурные и кинетические особенности формирования формоизменения материалов при вдавливании. Установка для микромеханических исследований по методу вдавливания. Вычисления твердости по результатам испытания на микротвердость.

Лекция 19. Наноиндентирование. Принцип работы прибора. Влияние твердости подложки на механические характеристики тонких пленок, определяемых методом наноиндентирования. Определение параметров индентирования методом Оливера – Фарра. Метод определения истинной твердости.

Названия практических занятий:

1. Определение механических характеристик металлов при различных схемах нагружения.
2. Определение истинной твердости тонких пленок.

Названия лабораторных работ:

1. Испытания на одноосное статическое растяжение
2. Измерение микротвердости конструкционных материалов

Раздел 4. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
--

Темы лекций:

Лекция 20. Определение температуры фазовых переходов вещества, находящегося в

конденсированном состоянии. Термогравиметрический анализ и дифференциальная сканирующая калориметрия. Коэффициент объемного и линейного термического расширения. Оптико-механические, ёмкостные, индукционные, интерференционные, рентгеновские и радиорезонансные дилатометры.

Лекция 21. Методы определения характеристик пористой структуры материалов. Ртутная порометрия. Эталонная порометрия. Приборы для измерения микропор, нанопор. Методы и приборы для измерения плотности.

Лекция 22. Электрические свойства металлов, полупроводников и диэлектриков. Методы измерения электросопротивления. Магнитные характеристики материалов и методы их исследования. Устройство и принцип работы вибромагнитометра. Шумы Баркгаузена.

Лекция 23. Остаточные напряжения в тонких пленках. Причина возникновения внутренних напряжений. Оптические методы измерения напряжений. Формула Стоуни. Определение толщины тонких пленок. Измерение адгезии пленок и покрытий методом скретч-тестирования

Названия практических занятий:

1. Расчет электрического сопротивления четырехзондовым методом
2. Расчет величины внутренних напряжений в тонких пленках

Названия лабораторных работ:

1. Измерение электрических и магнитных свойств металлов.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- подготовка к лекции включает работу с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса, (опережающая самостоятельная работа);
- подготовка конспектов с использованием ресурсов научно-технической библиотеки ТПУ по отдельным темам, которые не рассматриваются на лекции и включает анализ научных и учебных публикаций по заранее определенной преподавателем теме;
- поиск, анализ, структурирование и презентация информации;
- подготовка к лабораторным работам включает оформление отчета, проработку лекционного материала, и изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку;
- подготовка к экзамену включает работу с лекционным материалом, отчетами по экспериментальным лабораторным работам и материалов, выносимым на самостоятельное изучение;
- выполнение курсовой работы по заранее определенной преподавателем теме.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

6.1. Учебно-методическое обеспечение

1. Жигалина, О. М. Анализ структуры материала методами просвечивающей электронной микроскопии: методические указания / О. М. Жигалина, К. О. Базалеева. - Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. - 36 с. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103416>. - Загл. с экрана.
2. Панова, Т. В. Практическое применение методов рентгеноструктурного анализа: учебное пособие / Т. В. Панова. - Омск : ОмГУ, 2018. - 104 с. - Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/110890>. - Загл. с экрана.
3. Корнилов, В. М. Основы сканирующей зондовой микроскопии: учебное пособие /

В. М. Корнилов, А. Ф. Галиев. - Уфа : БГПУ имени М. Акмуллы, 2011. - 24 с. - Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/49585>. - Загл. с экрана.

4. Методы исследования твердости поверхности материалов: учебное пособие [Электронный ресурс] / Н. Н. Никитенков [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). - 2-е изд. - 1 компьютерный файл (pdf; 4.5 MB). - Томск: Изд-во ТПУ, 2014. - Режим доступа: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m182.pdf>. - Загл. с экрана.

Дополнительная литература

1. Атлас микроструктур конструкционных материалов: учебное пособие / Ю. П. Егоров, И. Л. Стрелкова, И. А. Хворова, А. Г. Багинский. - Томск : ТПУ, 2016. – 68 с. - Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/107719>. - Загл. с экрана.
2. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение: сборник научных трудов / перевод с английского С. А. Иванова, К. И. Домкина. - 3-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 607 с. - Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/94144>. - Загл. с экрана.
3. Плохов, А. В. Определение механических свойств материалов: учебное пособие / А. В. Плохов, А. И. Попелюх, Н. В. Плотникова. - Новосибирск : НГТУ, 2018. - 119 с. - Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/118165>. - Загл. с экрана.
4. Физические свойства материалов: учебное пособие / В. И. Грызунов, Т. И. Грызунова, О. А. Клецова [и др.]. - 3-е изд., доп. - Москва : ФЛИНТА, 2019. – 137 с. - Режим доступа: URL: <https://e.lanbook.com/book/115546>. - Загл. с экрана.

6.2. Информационное и программное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

Профессиональные базы данных и информационно-справочные системы доступны по ссылке: <https://www.lib.tpu.ru/html/irs-and-pdb>

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

1. Microsoft Office 2016 Standard Russian Academic
2. Zoom Zoom;
3. 7-Zip;
4. Adobe Acrobat Reader DC;
5. Adobe Flash Player;
6. AkelPad;
7. Design Science MathType 6.9 Lite;
8. Far Manager;
9. Google Chrome;
10. Mozilla Firefox ESR;
11. Notepad++;
12. Putty;
13. Tracker Software PDF-XChange Viewer;
14. WinDjView;
15. XnView Classic

7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических и лабораторных занятий:

№	Наименование специальных помещений	Наименование оборудования
1.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43, Н2	Стенд акустических исследований - 1 шт.; Вакуумметр 910-KF16 - 1 шт.; Осциллограф ОСУ-20 - 1 шт.; Прибор Г 3-121 - 1 шт.; Установка для возб.у/з колеб. - 1 шт.; Вакуумный пост DRYTEL1025, комплектация MDP AMD4 - 1 шт.; Система ультразвукового анализа твердого тела - 1 шт.; Анализатор водорода в металлах и сплавах RHEN602 - 1 шт.; Генератор азота Claind NG 2301 - 1 шт.; Микроскоп METAM PB-21 с устройством ДИК - 1 шт.; Генератор водорода модель HyGen 200 - 1 шт.; Источник питания GPS -3030D 0-30V-3A 1xLED - 1 шт.; Насос вакуумный НВР - 1 шт.; Генератор водорода HyGen 200 - 2 шт.; Вакуумметр DualTrans - 1 шт.; Источник питания GPS-183OD 0-18V-3A - 1 шт.; Насос диффузионный НВД-400 - 1 шт.; Стол лабораторный - 1 шт.;Тумба подкатная - 1 шт.; Компьютер - 3 шт.; Принтер - 1 шт.
2.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43, 106	Система охлаждения и терморегулирования ионно-плазменной установки - 1 шт.; Вакуумный откачной пост HiCube 80 Eco - 1 шт.; Компрессор JUN-AIR 3-4 - 1 шт.; Герметичный перчаточный бокс серии СПЕКС ГБ 02М - 1 шт.; Вакуумный эксикатор PS - 1 шт.; Портативный рН/мВ/С-метр МАРК-903 - 1 шт.; Вакуумно-дуговой генератор фильтрованной металлической плазмы - 2 шт.; Лабораторная установка для пучковой обработки и магнетронного напыления - 2 шт.; Рентгеновский дифрактометр XRD-7000S с вертикальным высокоточным гониометром - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 3 посадочных мест;Шкаф для документов - 2 шт.;Полка - 1 шт.; Компьютер - 5 шт.; Принтер - 2 шт.
3.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43, 122	Комплект учебной мебели на 25 посадочных мест Проектор - 1 шт.; Компьютер - 1 шт.
4.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43, Н3	Термостат жидкостный низкотемпературный "КРИО-ВТ-01" - 1 шт.; Автоматизированный комплекс Gas Reaction Controller LP - 1 шт.; Автоматизированный газовый контролер - 1 шт.; Прибор Г 4-116 - 1 шт.; Баллон 40 л - 1 шт.; Управляемый газовый реактор - 1 шт.; Управляемый газовый реактор для исследования процессов сорбции/десорбции газов в металлах и сплавах при высоких температурах - 1 шт.; Позиционер оптич. с поворотным моторизованным столом - 1 шт.; Осциллограф WaveAce 232 - 1 шт.; Компрессор Jun-air - 1 шт.; Турбомолекулярный насос TMP-303M - 1 шт.; Ультрозвуковой датчик 10-1 - 6 шт.; Портативный вакуумный бокс для образцов для работы с инертным газом - 1 шт.; Ультрозвуковой датчик 2,5-2 - 2 шт.; Ультрозвуковой датчик 5-2 - 2 шт.; Измерительный прибор для контроля шероховатости и волнистости T1000 - 1 шт.; Баллон 40л-аргоновый с мембранным вентилем - 1 шт.; Спектрометр тлеющего разряда GD-PROFILER 2 - 1 шт.; Газоанализатор стационарный на водород H2 "Верба-СВ" - 1 шт.; Баллон газовый - 1 шт.; Ультрозвуковой датчик 2,5-1 - 4 шт.; Ультрозвуковой датчик 5-1 - 4 шт.; Зонт вытяжной - 1 шт.;Шкаф для документов - 1 шт.;Тумба подкатная - 5 шт.;Стол лабораторный - 4 шт.;Комплект учебной мебели на 5 посадочных мест; Компьютер - 1 шт.
5.	Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория) 634034, Томская область, г. Томск, Ленина	Лабораторная установка "Мостик Уитсона постоянного тока"Р2410200 - 1 шт.; Учебно-лабораторный комплекс по физике - 1 шт.; Источник питания Б 5-49 - 1 шт.; Блок питания GPS-1830D - 1 шт.; Лабораторная установка"Закон Фарадея"Р2411200 - 1 шт.; Лабораторная установка"Магнитный момент в

проспект, 43, 103	магнитном поле"Р2430400 - 1 шт.; Осциллограф ОСУ-20 - 1 шт.; Прибор для исследования ферромагн. - 1 шт.; Прибор Удельный заряд - 1 шт.; Лаборат.установка Электрич.явления на контактах - 1 шт.; Источник питания Б 5-44 - 1 шт.; Прибор "Температура" - 1 шт.; Лаборат.установка Эффект Холла - 1 шт.; Лабораторная работа "Эффекты Дебая -Сирса" - 1 шт.; ЛУ Измерения скорости звука методом стоячей волны - 1 шт.; Установка лаборат " Определение теплоемкости металлов " - 1 шт.; Лабораторная работа "Распространение звука в твердых телах" - 2 шт.; Лаборат.установка Термoeлектронная эмиссия - 1 шт.; Лабораторная установка "Ферромагнитный гистерезис"Р2430711 - 1 шт.; ЛУ Изуч. явления гистерезиса ферромагнетиков - 1 шт.; Набор для опытов СВЧ - 1 шт.; Прибор Лехера - 1 шт.; ЛУ Зависимость сопротивления металлов и полупроводников от температуры. - 1 шт.; Лабораторная установка "Изучение полного контура"Р2440611 - 1 шт.; ЛУ Измер.логарифм.декремента и добротности колебательн.контура - 1 шт.; ЛУ Электромагнитные волны в двухпроводн.линии - 1 шт.; Прибор для получения магнитного поля - 2 шт.; Лаборат.установка Распределение Максвелла - 1 шт.; Лаборат.установка Удельный заряд электрона e/m - 1 шт.; ЛУ Измерения скорости звука в металлах - 1 шт.; ЛУ Опред.скорости звука резонансным методом - 1 шт.; Прибор "Резонанс" - 1 шт.; Прибор Б 5-44 - 1 шт.; Генератор Г4-83 - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 29 посадочных мест;Шкаф для документов - 1 шт.;Тумба подкатная - 1 шт.; Компьютер - 7 шт.; Принтер - 1 шт.
-------------------	---

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 03.03.02 Физика, профиль подготовки «Физика конденсированного состояния вещества» (приема 2020 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

Должность	Подпись	ФИО
Профессор, д.ф.-м.н.,		А.В. Панин

Программа одобрена на заседании выпускающего Отделения экспериментальной физики (протокол от «31» августа 2020 г. №3).

Заведующий кафедрой -
руководитель отделения на
правах кафедры,
д.т.н., профессор,

 /А.М. Лидер/
подпись

Лист изменений рабочей программы дисциплины:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании ОЭФ (протокол)