

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ и ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»

Институт Физико-технологический

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
В. Германенко

20__ г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

Перечень сведений о рабочей программе дисциплины	Учетные данные
Программа аспирантуры	Код ПА
<i>Приборы и методы экспериментальной физики</i>	<i>1.3.2</i>
Группа специальностей	Код
<i>Физические науки</i>	<i>1.3</i>
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

Екатеринбург
2022 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение [полное наименование]
1	Кружалов Александр Васильевич	д-р физ.-мат. наук, профессор	Профессор- исследователь	Кафедра экспериментальной физики ФТИ
2	Иванов Владимир Юрьевич	к. физ.-мат. наук, доц.	Зав. кафедрой	Кафедра экспериментальной физики ФТИ

Рекомендовано:

учебно-методическим советом института Физико-технологического
Протокол № 9 от 13 мая 2022 г.

Председатель УМС института



С.В. Никифоров

Согласовано:

Начальник ОПНПК

Е.А. Бутрина

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Приборы и методы экспериментальной физики» является базовым. Изучение дисциплины «Приборы и методы экспериментальной физики» направлено на получение знаний в области экспериментальных и теоретических исследований, направленных на разработку новых принципов и методов физических измерений, а также на создание новых приборов и устройств для изучения физических процессов. Дисциплина предполагает наличие у аспирантов знаний специальных разделов теоретической физики (квантовая механика, статическая физика, термодинамика), теоретических основ устройства физических установок, прикладной ядерной физики, планирования эксперимента и метрологии в объеме специалитета или магистерских программ высшего образования. Знания и навыки, полученные аспирантами при изучении данной дисциплины, необходимы при подготовке и написании научно-квалификационной работы по специальности 1.3.2 – «Приборы и методы экспериментальной физики».

1.2. Язык реализации дисциплины – русский.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- фундаментальные физические принципы и законы, лежащие в основе создания принципиально новых приборов и методов экспериментальной физики в их современном развитии;
- принципы развития квантовой теории измерений;
- фундаментальные ограничения на точность измерений, принципы создания экспериментальных установок в областях фундаментальной и прикладной ядерной физики, приборов и комплексов для измерения потоков заряженных частиц и полей ионизирующих излучений.

Уметь:

- разрабатывать новые принципы и методы измерений физических величин, основанных на современных достижениях в различных областях физики и позволяющих существенно увеличить точность, чувствительность и быстродействие измерений;
- разрабатывать и создавать научную аппаратуры и приборы для экспериментальных исследований в различных областях физики.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- применением методов автоматизации физического эксперимента, математической обработки экспериментальных результатов, моделирования физических явлений и процессов.

1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)*	6
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Практические занятия	0	0	0
4.	Самостоятельная работа аспирантов, включая все виды текущей аттестации	104	0.6	104
5.	Промежуточная аттестация	18	2.33	Экзамен, 6
6.	Общий объем по учебному плану, час.	108	6,93	108
7.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

*Контактная работа составляет:

в п/п 2,3, - количество часов, равное объему соответствующего вида занятий;

в п.4 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на консультации в группе (15% от объема аудиторных занятий).

в п.5 – количество часов, равное сумме объема времени, выделенного преподавателю на проведение соответствующего вида промежуточной аттестации одного аспиранта.

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Основные методы экспериментальной физики (Лекция, 1 ч., Самостоятельная работа, 14 ч.)	Экспериментальная ядерная физика. Методы экспериментальной физики конденсированного состояния, радиационной физики, биофизики. Экспериментальная физика плазмы и элементарных частиц. Планирование эксперимента. Выбор метода и технических средств, поиск оптимальных условий и значений параметров объекта исследования. Параметры оптимизации. Принципы репликации и рандомизации. Методы оценки ожидаемых результатов и их погрешностей.
P2	Методы измерения основных физических величин (Лекция, 1 ч., Самостоятельная работа, 15 ч.).	Методы измерения времени, погрешности измерений, эталоны. Учет эффектов общей теории относительности (зависимость хода часов от ускорения и гравитации). Измерение частот в радиодиапазоне. Стандарты частоты. Методы и погрешности измерений координат, углов, длин. Мировые стандарты и эталоны. Методы измерения термодинамических величин. Радиоспектроскопия (эффект Зеемана, электронный парамагнитный резонанс, ядерный магнитный резонанс, томография). Электромагнитные измерения (способы регистрации радиоизлучения, методы регистрации в оптическом диапазоне). Регистрация частиц и радиоактивных излучений (ионизационные камеры, газоразрядные счетчики, полупроводниковые детекторы,

		<p>сцинтилляционные счетчики, пузырьковые камеры, черенковские счетчики, трековые детекторы).</p> <p>Шумы и помехи при измерении электрических и неэлектрических величин.</p> <p>Дозиметрические измерения и дозиметрические единицы; коэффициенты, учитывающие влияние радиации на живые организмы. Концепция эффективной дозы.</p>
P3	Измерения (<i>Лекция, 1 ч., Самостоятельная работа, 15 ч.</i>).	<p>Системы единиц. Единая международная система единиц (СИ). Универсальные постоянные и естественные системы единиц. Производные единицы и стандарты.</p> <p>Средства измерений, их виды и основные метрологические характеристики. Единство измерений. Нормативная и правовая основа.</p> <p>Прямые, косвенные, статистические и динамические измерения. Оценки погрешностей косвенных измерений. Условные измерения. Проблема корреляций и уравнивание условных измерений. Принципиальные ограничения на точность измерений (физические пределы). Понятие неопределенности.</p> <p>Методы измерений физических величин в исследуемой области физики.</p> <p>Особенности измерения быстропротекающих процессов.</p> <p>Основные принципы построения приборов для измерений физических величин в заданной области физики.</p> <p>Фундаментальные шумы в измерительных устройствах. Тепловой шум. Формула Найквиста. Теорема Каллена—Вельтона. Дробовой шум в электронных и оптических приборах. Шумы $1/f$.</p> <p>Квантовые эффекты в физических измерениях. Условия, когда классический подход становится неприменим.</p> <p>Соотношения неопределенности. Роль обратного флуктуационного влияния прибора. Стандартные квантовые пределы. Квантовые невозмущающие измерения. Квантовые эталоны единиц физических величин (примеры).</p>
P4	Достоверность и критерии точности измерений (<i>Лекция, 1 ч., Самостоятельная работа, 15 ч.</i>).	<p>Случайные события. Понятие вероятности. Условные вероятности. Распределение вероятности. Плотность вероятности. Моменты.</p> <p>Специальные распределения вероятностей и их использование в физике. Биномиальное распределение, распределение Пуассона (дробовой шум), экспоненциальное распределение. Нормальное распределение и центральная предельная теорема.</p> <p>Многомерные распределения вероятностей. Корреляции случайных величин.</p> <p>Случайные процессы. Эргодичность. Корреляционная функция случайного процесса. Стационарные случайные процессы.</p> <p>Спектральная плотность. Теорема Винера-Хинчина.</p> <p>Оценка параметров случайных величин. Выборочные средние и дисперсии. Выборочные распределения. t-распределение Стьюдента, χ^2-распределение.</p> <p>Определение средних значений измеряемых параметров и их погрешностей в прямых и косвенных измерениях.</p> <p>Техника оценки параметров при разных распределениях погрешностей измерений. Средние и вероятные значения переменных. Техника оценки параметров при асимметричных распределениях погрешностей. Суммирование результатов различных измерений. Робастные оценки. Параметрические и непараметрические оценки.</p>
P5	Методы анализа результатов	<p>Аналитическая аппроксимация результатов и измерений.</p> <p>Интерполяция (линейная, квадратичная, кубическая и т.п.)</p>

	физических измерений (<i>Самостоятельная работа, 15 ч.</i>).	Фурье-анализ. Дискретное преобразование Фурье. Быстрое преобразование Фурье. Вэйвлетный анализ. Статистическая проверка гипотез. Критерии согласия и методы их использования. Критерий χ^2 , Смирнова-Колмогорова, Колмогорова. Прямые и обратные задачи. Некорректные задачи. Обратные задачи при анализе результатов измерений и методы их решения. Метод максимального правдоподобия и его применение. Метод наименьших квадратов.
Р6	Моделирование физических процессов (<i>Самостоятельная работа, 15 ч.</i>).	Аналитическое описание физических процессов. Использование моделей физических процессов. Метод статистических испытаний, методика его применения. Учет влияния прибора на результаты измерений. Моделирование с учетом особенностей используемых детекторов.
Р7	Автоматизация научных исследований (<i>Самостоятельная работа, 15 ч.</i>).	Создание комплексных установок. Общие требования. Обработка информации «в линию» (on-line). Способы преобразования измерений для передачи на значительные расстояния. Контроль процессов измерений в реальном времени. Способы вывода информации в реальном времени. Накопление экспериментальных данных, создание банков данных.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Практические занятия

Не предусмотрено.

3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

3.2.1. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено

3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 1)

4.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

4.2. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено

4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Принципы и методы ускорения заряженных частиц. Высоковольтное ускорение. Резонансное ускорение. Принцип автофазировки.
2. Орбитальная устойчивость движения частиц в аксиально-симметричном магнитном поле. Принцип сильной фокусировки. Метод встречных пучков.
3. Электростатические ускорители.
4. Циклические ускорители протонов (ионов): циклотрон, изохронный циклотрон, синхроциклотрон, синхротрон.
5. Циклические ускорители электронов: микротрон, синхротрон. Линейные резонансные ускорители ионов.
6. Линейные резонансные ускорители электронов.
7. Накопители частиц и коллайдеры.
8. Ионизационное торможение тяжелых заряженных частиц, многократное рассеяние, пробег в веществе.
9. Ионизационные и радиационные потери энергии электронов.
10. Черенковское излучение заряженных частиц. Флуктуации ионизационных потерь энергии.
11. Особенности движения быстрых заряженных частиц в монокристаллах.
12. Прохождение гамма-квантов через вещество. Фотоэффект. Эффект Комптона. Рождение электронно-позитронных пар. Полное сечение взаимодействия гамма-квантов с веществом.
13. Взаимодействие нейтронов с ядрами. Упругое рассеяние нейтронов на ядрах. Замедление быстрых нейтронов. Диффузия тепловых нейтронов и поглощение их ядрами.
14. Измерение ионизации среды. Ионизационные камеры. Пропорциональные счетчики. Полупроводниковые детекторы.
15. Измерение энергии. Сцинтилляционные спектрометры. Электромагнитные и адронные калориметры.
16. Измерение импульса. Магнитные спектрометры.
17. Измерение временных интервалов. Сцинтилляционные счетчики. Черенковские счетчики. Искровые счетчики.
18. Измерение координат траекторий частиц. Проволочные пропорциональные камеры. Дрейфовые камеры. Время-проекционные камеры. Стримерные камеры. Пузырьковые камеры. Позиционно-чувствительные полупроводниковые детекторы. Ядерные фотоэмульсии.
19. Идентификация частиц. Измерение ионизационных потерь. Измерение времени пролета. Черенковские счетчики. Детекторы переходного излучения. Нейтронные счетчики. Детекторы нейтрино.
20. Резерфордское обратное рассеяние. Метод ядер отдачи.
21. Мессбауэровская спектроскопия: основы метода и особенности практической реализации.
22. Метод электронного парамагнитного резонанса.
23. Методы измерения термодинамических величин.
24. Методы регистрации сигнала в оптическом диапазоне.
25. Концепция эффективной дозы.
26. Погрешность и неопределенность.
27. Оценка параметров случайных величин.

28. Фурье-анализ, дискретное преобразование Фурье.
29. Статистическая проверка гипотез. Критерий χ^2
30. Метод наименьших квадратов.
31. Прямые и обратные задачи. Некорректные задачи.
32. Контроль процессов измерений в реальном времени: аппаратные и программные решения.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1.Рекомендуемая литература

5.1.1. Основная литература

1. Мухин, К.Н. Экспериментальная ядерная физика. В 3-х тт. Т. 1. Физика атомного ядра [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 384 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/277>. — Загл. с экрана.
2. Пашков, П.Т. Физика пучка в кольцевых ускорителях [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2006. — 264 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59440>. — Загл. с экрана.
3. Солонин, В.И. Ядерные реакторные установки / В.И. Солонин ; Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана. - Москва : Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. - 88 с. : схем., ил., табл. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=340457>
4. Барсуков, О.А. Основы физики атомного ядра. Ядерные технологии / О.А. Барсуков. - Москва : Физматлит, 2011. - 560 с. : ил., схем., табл. - (Фундаментальная и прикладная физика). - ISBN 978-5-9221-1306-9 То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=457408>
5. Красников П.В. Расчеты физических характеристик ядерных реакторов : учеб. пособие по курсам «Физика ядерных реакторов», «Конструирование установок ядерного топливного цикла», «Перспективы развития установок ядерного топливного цикла» [Электронный ресурс] : учеб. пособие / П.В. Красников, С.В. Столотнюк, Я.Д. Столотнюк. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. — 95 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/58558>. — Загл. с экрана.
6. Любимов, А. Введение в экспериментальную физику частиц [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. Любимов, Д. Киш. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2001. — 272 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59294>. — Загл. с экрана.
7. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учебное пособие / Д. В. Сивухин. — 4-е изд., стереот. — Москва : Физматлит. — 2005 Том 1. Механика. — 560 с. Режим доступа: электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE», требуется авторизация. — ISBN 5-9221-0225-7. — <URL:<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82978>>.
8. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учебное пособие / Д. В. Сивухин. — Изд. 6-е, стер. — Москва : Физматлит, 2014. — Том 2. Термодинамика и молекулярная физика. — 544 с. : ил. Режим доступа: электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE», требуется авторизация. — ISBN 978-5-9221-1513-1. - ISBN 978-5-9221-1514-8. — <URL:<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275624>>.
9. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учебное пособие / Д. В. Сивухин. — 5-е изд., стер. — Москва : Физматлит, 2009. — Том 3. Электричество. — 655 с. Режим доступа: электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE», требуется авторизация. — ISBN 978-5-9221-0673-3. — <URL:<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82998>>.
10. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учебное пособие / Д. В. Сивухин. — 3-е изд., стереот. — Москва : Физматлит, 2002. — Том 4. Оптика. — 792 с. Режим доступа: электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE», требуется

11. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учебное пособие / Д. В. Сивухин .— 2-е изд., стереот. — Москва : Физматлит, 2002 .— Том 5. Атомная и ядерная физика .— 783 с. Режим доступа: электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE», требуется авторизация .— ISBN 5-9221-0230-3 .— <URL:https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=82991>.

5.1.2. Дополнительная литература

1. Болоздыня А.И., Ободовский И.М. Детекторы ионизирующих частиц и излучений. Принципы и применения. г. Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект», 2012, 204 с (10 экз.).
2. Периодические научные журналы «Атомная энергия», «Атомная техника за рубежом», «Приборы и техника эксперимента», «Бюллетень по атомной энергии».
3. Кульчин, Ю.Н. Современная оптика и фотоника нано- и микросистем [Электронный ресурс] / Ю.Н. Кульчин. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2016. — 440 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/91158>. — Загл. с экрана.
4. Андреев, С.Г. Экспериментальные методы физики взрыва и удара [Электронный ресурс] : учебник / С.Г. Андреев, М.М. Бойко, В.В. Селиванов ; под ред. Селиванова В.В.. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2013. — 752 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59748>. — Загл. с экрана.
5. Мамонова, М.В. Физика поверхности. Теоретические модели и экспериментальные методы [Электронный ресурс] : монография / М.В. Мамонова, В.В. Прудников, И.А. Прудникова. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2011. — 400 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59605>. — Загл. с экрана.
6. Сидняев, Н.И. Статистический анализ и теория планирования эксперимента [Электронный ресурс] : методические указания / Н.И. Сидняев. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2017. — 200 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/103275>. — Загл. с экрана.

5.2. Методические разработки

1. Метод резерфордского обратного рассеяния (обработка и моделирование спектров)/ Багаев В. Н., Нешов Ф.Г., Путилов Л.П., Черепанов А.Н.- Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2006. – 92 с.
2. Радченко В.И., Рябухин О.В. Ядерная физика: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. 106 с.
3. Рябухин О.В. Ядерная физика: учебное пособие. В 2 ч. Ч. 2. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. 72 с.

5.3. Программное обеспечение

1. Microsoft office (Word, Excel, Power point);
2. Adobe Reader X
3. ChemOffice 2010
4. Isis Draw (Version 2.5)
5. Mercury (Version 2.4.5)
6. AutoDock (Version 1.5)
7. MestReNova (Version 6.0.2)
8. Open Babel (Version 2.3.1)
9. Avogadro (Version 1.0.3)
10. RasMol (Version 2.7.5.2)
11. Jmol (Version 12.0.45)
12. MiKTeX (<https://miktex.org>)
13. SRIM (<http://www.srim.org>)

5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;
2. Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;
3. Scopus: <http://www.scopus.com>;
4. Reaxys: <http://reaxys.com>;
5. SciFinder <https://scifinder.cas.org>
6. Espacenet <https://ru.espacenet.com>
7. РИНЦ <https://www.elibrary.ru>
8. Поисковая система EBSCO Discovery Service <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=141>;
9. Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>;

5.5. Электронные образовательные ресурсы

1. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>;
2. Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>;
3. Электронный каталог <http://opac.urfu.ru>;
4. Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>;
5. Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>;
6. Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Лекции читаются в аудиториях (г. Екатеринбург, ул. Мира 21, Ф-349, Ф-372), оснащенных мультимедийным оборудованием. Для самостоятельной работы используется аудитория, оснащенная персональными компьютерами по числу обучающихся с подключением к сети Интернет (г. Екатеринбург, ул. Мира 21, Ф-350).

Специализированные лаборатории для прохождения самостоятельной работы, оснащенные современным физическим оборудованием:

Аудитория, место нахождения	Характеристика кабинета / аудитории и программного обеспечения
ул.Мира, 21, Ф-136/137	Современная эргономичная мебель для студентов (на 10 человек) Компьютеры -2 Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus Дифрактометр рентгеновский X'Pert PRO MRD Дифрактометр рентгеновский Shimadzu XRD-7000S
ул.Мира, 21, Ф-128	Современная эргономичная мебель для студентов (на 5 человек); Компьютер; Лицензионное ПО: MS Office, Adobe Reader, Kaspersky Antivirus; Импульсный спектрометр электронного парамагнитного резонанса ELEXSYS E580 (BRUKER BIOSPIN)
ул.Мира, 21, Ф-264	Учебно-научная лаборатория физики твердого тела Автоматизированные лабораторные стенды с источниками возбуждающего излучения: стенд для измерения рентгенолюминесценции материалов, стенд для измерения фотолюминесценции материалов, стенд для исследования оптического поглощения материалов, стенд для исследования термостимулированной люминесценции материалов

ул.Мира, 21, Ф-275-277	Научно-исследовательская лаборатория спектроскопических измерений Поверочный стенд, экспериментальная установка для исследования радиационно-оптических свойств твердых тел
ул.Мира, 21, Ф-164	Научно-исследовательская лаборатория высокотемпературных воздействий Стенд высокотемпературных воздействий на материалы «Плазмотрон»
ул.Мира, 21, Ф-174	Учебно-научный инновационно-внедренческий центр радиационной модификации свойств материалов Линейный ускоритель электронов, конвейер для подачи материалов в зону облучения, аппаратура радиационного контроля
ул.Мира, 21, Ф-052	Учебно-научная мессбаэровская лаборатория Мессбауровский спектрометр высокого скоростного разрешения, компьютер, контрольно-измерительная аппаратура
ул.Мира, 21, Ф-405	Лабораторная аудитория Учебно-лабораторный стенд по аналоговой и цифровой электронике National Instruments, Осциллограф OWON, Генератор Tektronik
ул.Мира, 21, Ф-366	Лаборатория отжига материалов Высокотемпературная вакуумная печь
ул.Мира, 21, Ф-318	Специализированная аудитория ИКЛ спектрометр КЛАВИ, Установка термолюминесценции, ОСЛ спектрометр
ул.Мира, 21, Ф-258	Лаборатория спектроскопии Спектрометр оптического поглощения LAMBDA-35, Оптический спектрометр LS-55, УФ спектрометр высокого разрешения.
ул.Мира, 21 Ф-314	Лаборатория рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии Рентгеновской фотоэлектронный спектрометр PHI 5000 VersaProbe.
ул.Мира, 21, Ф-345 – Ф-347	Учебная лаборатория спектрометрии Стенды, оснащенные контрольно-измерительной аппаратурой, спектрометрами, компьютеры с лицензионным ПО (8 стендов)
ул.Мира, 21, Ф-355	Учебная лаборатория физических полей Стенды, оснащенные контрольно-измерительной аппаратурой, источниками физических полей различной природы (6 стендов)
ул.Мира, 21, Ф-362	Научно-исследовательская лаборатория электроники рентгеновских приборов Источники ионизирующих излучений, контрольно-измерительная аппаратура, спектрометры, компьютеры
ул.Мира, 21, Ф-246	Учебная лаборатория прикладной ядерной физики Лабораторные ядерно-физические стенды, контрольно-измерительная аппаратура, компьютеры (8 стендов)
ул.Мира, 21, Ф-248	Учебная лаборатория дозиметрии Источники ионизирующих излучений, детекторы ионизирующих излучений, дозиметры, радиометры (6 стендов)
ул.Мира, 21, Ф-263	Вузовско-академическая радоновая лаборатория Стенд для проверки радонметров, радон-монитор «Alpha-Guard», компьютер
ул.Мира, 21, Ф-149-151	Научно-исследовательская лаборатория электроники рентгеновских приборов Источники ионизирующих излучений, места монтажников радио-

		измерительной аппаратуры, контрольно-измерительная аппаратура, рентгенофлуоресцентные анализаторы состава вещества, компьютеры
	ул.Мира, 21, Ф-165	Учебная лаборатория электронных ускорителей Импульсный ускоритель электронов, контрольно-измерительная аппаратура, вакуумная техника
	ул.Мира, 21, Ф-174	Учебно-научный инновационно-внедренческий центр радиационной модификации свойств материалов Линейный ускоритель электронов, конвейер для подачи материалов в зону облучения, аппаратура радиационного контроля