

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
"Амурский государственный университет"

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной
работе

 Лейфа А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ»

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) образовательной программы –

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2023

Форма обучения – Очная

Курс 4 Семестр 7,8

Экзамен 8 сем

Зачет с оценкой 7 сем

Общая трудоемкость дисциплины 360.0 (академ. час), 10.00 (з.е)

Составитель Е.В. Стукова, доцент, д-р физ.-мат. наук

Инженерно-физический факультет

Кафедра физики

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта ВО для направления подготовки 03.03.02 Физика, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.20 № 891

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики

01.09.2023 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Стукова Е.В. Стукова

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Стукова Е.В. Стукова

« 1 » сентября 2023 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2023 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины:

Формирование теоретических представлений и практических навыков в области современных экспериментальных методов, применяемых в физике твердого тела для исследования его структурного и фазового состава, физических свойств.

Задачи дисциплины:

- изучение основ и физических принципов современных экспериментальных методов анализа структуры, состава и свойств твердых тел;
- практическое овладение техникой и методикой экспериментов, последующей математической обработкой экспериментальных результатов исследования и интерпретацией полученных данных;
- научное приложение экспериментальных методов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Экспериментальные методы в физике» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений.

Для освоения дисциплины необходимо знать:

- 1) курс общей физики;
- 2) дисциплины модуля « Теоретическая физика»;
- 3) физика твердого тела.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

3.1 Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции
ПК-1 Способен выполнять работы по обработке и анализу научно- технической информации и результатов исследований в соответствующей области знаний	ИД-1ПК-1 Знает основные принципы обработки и анализа научно- технической информации и результатов исследований в соответствующей области знаний
	ИД-2ПК-1 Понимает, умеет излагать и анализировать научно-техническую информацию, и полученные результаты исследований в соответствующей области знаний
ПК-2 Способен проводить научные исследования в соответствующей области знаний и оформлять результаты исследований и разработок	ИД-1ПК-2 Знает основные методы проведения теоретического и экспериментального исследования в сфере профессиональной деятельности
	ИД-2ПК-2 Участвует в оформлении результатов исследований и разработок, полученных при проведении научных исследований в сфере профессиональной деятельности

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 10.00 зачетных единицы, 360.0 академических часов.

1 – № п/п

2 – Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация

3 – Семестр

4 – Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)

4.1 – Л (Лекции)

4.2 – Лекции в виде практической подготовки

4.3 – ПЗ (Практические занятия)

4.4 – Практические занятия в виде практической подготовки

4.5 – ЛР (Лабораторные работы)

4.6 – Лабораторные работы в виде практической подготовки

4.7 – ИКР (Иная контактная работа)

4.8 – КТО (Контроль теоретического обучения)

4.9 – КЭ (Контроль на экзамене)

5 – Контроль (в академических часах)

6 – Самостоятельная работа (в академических часах)

7 – Формы текущего контроля успеваемости

1	2	3	4									5	6	7
			4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9			
1	Техника сканирующей зондовой микроскопии	7	10		6								5	Подготовка к практическому занятию
2	Методы сканирующей зондовой микроскопии	7	24		12								8	Подготовка к практическому занятию, выполнение заданий индивидуальной работы
3	Оже-электронная спектроскопия.	7	6		4								5	Подготовка к практическому занятию
4	Взаимодействие электронов с веществом	7	4		4								5	Подготовка к практическому занятию
5	Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ	7	4		4								5	Подготовка к практическому занятию, выполнение заданий индивидуальной работы
6	Просвечивающая электронная микроскопия	7	4		4								5	Подготовка к практическому занятию

7	Курсовая работа	7					34		2			24.8	Подготовка курсовой работы и презентации
8	Зачет с оценкой	7								0.2			Зачет с оценкой
9	Калориметрические методы исследования	8	8		6		4					6	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе
10	Десорбционная спектроскопия	8	8		6		4					6	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе
11	Линейная и нелинейная диэлектрическая спектроскопия	8	8		6		4					6	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе
12	Методы исследования, построенные на явлении дифракции	8	8		6		4					6	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе
13	Масс-спектрометрия	8	8		6		4					6	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе
14	Методы исследования, построенные на квантовых эффектах	8	8		6		4					6	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе
15	Экзамен	8									0.3	35.7	Экзамен
	Итого			100.0	70.0		58.0	2.0	0.2	0.3		35.7	93.8

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Техника сканирующей зондовой микроскопии	Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца.
2	Методы сканирующей зондовой микроскопии	Сканирующая туннельная микроскопия. Атомно-силовая микроскопия. Электросиловая микроскопия. Магнитно-силовая микроскопия. Ближнепольная оптическая микроскопия
3	Оже-электронная спектроскопия.	Физические принципы Оже-электронной спектроскопии. Спектр вторичных электронов, возбуждаемых электронным ударом: основные процессы. Энергетические уровни, сдвиги и форма Оже-пиков. Энергия Оже-электронов в твердом теле. Химические сдвиги в Оже-спектрах. Связь химических сдвигов в рентгеноэлектронной и Оже-спектроскопии.
4	Взаимодействие электронов с веществом	Процессы взаимодействия и методы анализа. Характеристические потери. Вторичная электронная эмиссия. Рассеяние электронов веществом.
5	Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ	Взаимодействие электронного пучка с образцом. Упругое и неупругое рассеяние. Область взаимодействия электронного пучка с веществом. Отраженные электроны. Вторичные электроны. Характеристическое рентгеновское излучение. Формирование изображения в растровом электронном микроскопе. Разрешающая способность. Контраст изображения.
6	Просвечивающая электронная микроскопия	Природа контраста изображения в просвечивающем электронном микроскопе: абсорбционный контраст. Дифракционный контраст. Принципы формирования дифракционного контраста. Кинематическая и динамическая теории контраста. Прямое наблюдение кристаллической структуры, анализ дефектов решетки. Анализ дефектов упаковки, дислокаций и границ зерен. Определение плотности дислокаций. Контраст в изображении включений.
7	Калориметрические методы исследования	Классический калориметрический расчет тепла. Экспериментально удобно измеряемые коэффициенты. Связь классических калориметрических величин. Связь калориметрии и термодинамики. Изотермические сегменты цикла

		Карно. Соотношения между классическими калориметрическими величинами Практическая калориметрия постоянного объема (калориметрия бомбы) для термодинамических исследований
8	Десорбционная спектроскопия	Адсорбция на поверхности твердых тел. Молекулярная и диссоциативная адсорбция. Десорбционная спектроскопия. Термодесорбция. Импульсная и термопрограммируемая десорбция. Качественный анализ зависимостей давления от времени. Экспериментальное оборудование для импульсной десорбции и ТПД. Спектры импульсной десорбции и ТПД. Электронно-стимулированная десорбция. Основные механизмы. Переходчастиц через поверхность раздела твердых фаз. Оборудование и измерения.
9	Линейная и нелинейная диэлектрическая спектроскопия	Тангенс угла диэлектрических потерь. Классификация механизмов потерь. Диэлектрическая спектроскопия Размытый релаксационный спектр дисперсии □ Размытый резонансный спектр дисперсии □ . Теория диэлектрических спектров. Генерация высших гармоник. Сильные и слабые поля
10	Методы исследования, построенные на явлениях дифракции	Дифракция медленных электронов. Дифракция быстрых электронов. Аппаратура ДБЭ. ДБЭ-анализ. Дифракция рентгеновских лучей. Структурный анализ с помощью РД.
11	Масс-спектрометрия	Ионизация атомов и молекул. Методы ионизации. Типы ионов. Физические основы метода масс-спектрометрии. Система подготовки и ввода образца. Методы ионизации пробы и разделения ионов Практические основы интерпретации масс-спектров и некоторые масс-спектрометрические правила. Основные типы реакций распада органических соединений при электронной ионизации (ЭИ). Основные направления фрагментации важнейших классов органических соединений. Масс-спектрометрия в термодинамических исследованиях и химической кинетике.
12	Методы исследования, построенные на квантовых эффектах	Электронный парамагнитный резонанс. Физические основы спектроскопии ЭПР. Классическое рассмотрение ЭПР. Квантово-механическое рассмотрение ЭПР. Сверхтонкая структура линий спектров ЭПР. Уширение линий и релаксационные процессы. Скорость поглощения энергии при ЭПР.

5.2. Практические занятия

Наименование темы	Содержание темы
Техника сканирующей зондовой микроскопии	Формирование и обработка СЗМ изображений.
Методы сканирующей зондовой	Система управления АСМ, ЭСМ, МСМ

микроскопии	(колебательные методики).
Оже-электронная спектроскопия.	Энергия оже-электронов свободного атома (Теоретический, полуэмпирический и эмпирический расчеты). Интерпретация данных Оже-спектроскопии в конкретных химико- и физико-материаловедческих задачах
Взаимодействие электронов с веществом	Методы препарирования объектов для электронной микроскопии. Расчеты в методах электронной микроскопии. Просвечивающий электронный микроскоп. Устройство и принцип работы. Электронография.
Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ	Расчеты в методах электронной микроскопии.
Просвечивающая электронная микроскопия	Просвечивающий электронный микроскоп. Устройство и принцип работы. Электронография.
Калориметрические методы исследования	Дифференциальная сканирующая калориметрия. Микрокалориметрия. Области применения микрокалориметрии
Десорбционная спектроскопия.	Уравнение Аррениуса. Изотерма адсорбции Ленгмюра.
Линейная и нелинейная диэлектрическая спектроскопия	Основные свойства СВЧ диэлектриков, сегнетоэлектриков и пьезоэлектриков.
Методы исследования, построенные на явлении дифракции	Интерпретация картин ДМЭ
Масс-спектрометрия	Применение метода масс-спектрометрии для исследования органических и неорганических соединений.
Методы исследования, построенные на квантовых эффектах	Классическая интерпретация ЭПР. Квантово-механическая интерпретация ЭПР.

5.3. Лабораторные занятия

Наименование темы	Содержание темы
Подготовка и защита курсовой работы	Обсуждение с руководителем объема выполняемой работы, Работа с библиографическими материалами: книгами, журналами, патентами и т.д. Выбор и подготовка объектов для исследования. Обоснование выбора методов исследования Выполнение эксперимента и обработка экспериментальных данных. Оформление

	<p>пояснительной записки Оформление заключения и формулирование выводов по выполненной работе Создание презентации работы и обсуждение результатов с руководителем. Получение отзыва на курсовую работу от руководителя. Защита</p>
Калориметрические методы исследования	<p>Классификация и устройство калориметров. Градуировка калориметра. Калориметрия сгорания. Особенности калориметрии неорганических веществ.</p>
Десорбционная спектроскопия	<p>Изотермический метод. Метод программирования температуры. Определение энергии активации десорбции. Электронно-стимулированная десорбция (ЭСД). Фотодесорбция.</p>
Линейная и нелинейная диэлектрическая спектроскопия	<p>Измерения температурно- частотных характеристик диэлектрических материалов. Измерители импеданса, иммитанса, адмитанса. Принципиальная схема метода НДС. Измерение высших гармоник сигнала диэлектрических материалов</p>
Методы исследования, построенные на явлении дифракции	<p>Метод вращения. Метод Лауэ. Метод расходящегося пучка. Метод порошка</p>
Масс-спектрометрия	<p>Принципиальная схема масс- спектрометра. Магнитные и динамические масс- спектрометры. Спектрометрион циклотронного резонанса. Хромато- масс- спектрометрия. Идентификация и установление строения веществ. Определение потенциалов ионизации молекул.</p>
Методы исследования, построенные на квантовых эффектах	<p>Устройство ЭПР спектрометров. Основные характеристики спектров ЭПР. Спектрометры электронного парамагнитного резонанса</p>

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)	Трудоемкость в академических часах
1	Техника сканирующей зондовой микроскопии	Подготовка к практическому занятию	5
2	Методы сканирующей зондовой микроскопии	Подготовка к практическому занятию, выполнение заданий индивидуальной работы	8
3	Оже-электронная спектроскопия.	Подготовка к практическому занятию	5
4	Взаимодействие электронов с веществом	Подготовка к практическому занятию	5

5	Растровая электронная микроскопия и рентгеновский микроанализ	Подготовка к практическому занятию, выполнение заданий индивидуальной работы	5
6	Просвечивающая электронная микроскопия	Подготовка к практическому занятию	5
7	Курсовая работа	Подготовка курсовой работы и презентации	24.8
8	Калориметрические методы исследования	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе	6
9	Десорбционная спектроскопия	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе	6
10	Линейная и не-линейная диэлектрическая спектроскопия	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе	6
11	Методы исследования, построенные на явлении дифракции	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе	6
12	Масс-спектрометрия	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе	6
13	Методы исследования, построенные на квантовых эффектах	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе	6

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 – «Физика» реализация компетентностного подхода предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

При преподавании дисциплины «Экспериментальные методы в физике» используются как традиционные (лекция, лекция - беседа, проблемная лекция, лекция-семинар), так и инновационные технологии (применение мультимедийного проектора, семинар-дискуссия, использование ресурсов сети Internet и электронных учебников).

Лекционные занятия проводятся с использованием традиционной, активной и интерактивной форм обучения. Практические занятия проводятся с использованием активных и интерактивных форм обучения.

При проведении лабораторных занятий студентам выдается задание для подготовки к выполнению лабораторной работы. Перед выполнением работы с преподавателем обсуждается цель работы и ход ее выполнения. На этапе защиты работы студент самостоятельно анализирует достигнутые результаты с разных точек зрения, выдвигает гипотезы и делает выводы, исходя из цели работы.

Из современных образовательных технологий применяются информационные и компьютерные технологии с привлечением к преподаванию мультимедийной техники.

8. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания, типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций, а также методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков отражены в фонде оценочных средств по дисциплине «Экспериментальные методы в физике».

8.1. Примерные вопросы к зачету с оценкой в 7-ом семестре

1. Принципы работы сканирующих зондовых микроскопов.
2. Сканирующие элементы (сканеры) зондовых микроскопов.
3. Устройства для прецизионных перемещений зонда и образца.
4. Сканирующая туннельная микроскопия.
5. Атомно-силовая микроскопия.
6. Электросиловая микроскопия.
7. Магнитно-силовая микроскопия.
8. Ближнепольная оптическая микроскопия
9. Физические принципы Оже-электронной спектроскопии.
10. Спектр вторичных электронов, возбуждаемых электронным ударом: основные процессы. Энергетические уровни, сдвиги и форма Оже-пиков.
11. Энергия Оже-электронов в твердом теле.
12. Химические сдвиги в Оже- спектрах. Связь химических сдвигов в рентгеноэлектронной и Оже-спектроскопии.
13. Процессы взаимодействия и методы анализа. Характеристические потери.
14. Вторичная электронная эмиссия. Рассеяние электронов веществом.
15. Взаимодействие электронного пучка с образцом. Упругое и неупругое рассеяние. Область взаимодействия электронного пучка с веществом.
16. Отраженные электроны. Вторичные электроны.
17. Характеристическое рентгеновское излучение.
18. Формирование изображения в растровом электронном микроскопе. Разрешающая способность. Контраст изображения.
19. Природа контраста изображения в просвечивающем электронном микроскопе: абсорбционный контраст.
20. Дифракционный контраст. Принципы формирования дифракционного контраста.
21. Кинематическая и динамическая теории контраста.
22. Прямое наблюдение кристаллической структуры, анализ дефектов решетки. Анализ дефектов упаковки, дислокаций и границ зерен. Определение плотности дислокаций. Контраст в изображении включений.

8.2. Вопросы к экзамену в 8-ом семестре

1. Дифракция медленных электронов.
2. Дифракция быстрых электронов. Аппаратура ДБЭ. ДБЭ-анализ.
3. Дифракция рентгеновских лучей. Структурный анализ с помощью РД
4. Электронный парамагнитный резонанс. Квантовомеханическая интерпретация ЭПР.
5. Устройство ЭПР спектрометров. Основные характеристики спектров ЭПР.
6. Спектрометры электронного парамагнитного резонанса
7. Адсорбция на поверхности твердых тел. Молекулярная и диссоциативная адсорбция.
8. Десорбционная спектроскопия.
9. Термодесорбция.

10. Импульсная и термопрограммируемая десорбция.
11. Качественный анализ зависимостей давления от времени.
12. Экспериментальное оборудование для импульсной десорбции и ТПД.
13. Спектры импульсной десорбции и ТПД.
14. Электронно- стимулированная десорбция. Основные механизмы. Переход частиц через поверхность раздела твердых фаз. Оборудование и измерения.
15. Ионизация атомов и молекул. Методы ионизации. Типы ионов.
16. Сущность метода масс-спектрометрии. Принципиальная схема масс-спектрометра.
17. Магнитные и динамические масс-спектрометры.
18. Спектрометрион-циклотронного резонанса.
19. Хромато- масс- спектрометрия. Идентификация и установление строения веществ. Определение потенциалов ионизации молекул.
20. Масс-спектрометрия в термодинамических исследованиях и химической кинетике.
20. Метод диэлектрической спектроскопии как основа для изучения динамических свойств диэлектриков и полупроводников.
21. Теория диэлектрических спектров.
22. Генерация высших гармоник. Сильные и слабые поля

8.3. Порядок допуска и защиты курсовой работы

- 1 Допуск к защите курсовой работы осуществляет руководитель.
- 2 Руководитель выставляет предварительную оценку работы студента, которая учитывается при защите курсовой работы.
- 3 Курсовая работа, получившая положительную оценку руководителя, допускается к защите.
- 4 Для защиты курсовой работы создается комиссия из членов кафедры в составе 3-5 человек. На защите должен присутствовать руководитель.
- 5 На защиту курсовой работы студент представляет презентацию. На слайдах должны содержаться следующие материалы: название работы, сведения о студенте и руководителе; цель работы, задачи, решенные в процессе выполнения работы; основные результаты; выводы; апробация работы. Читать доклад не рекомендуется.
- 6 После доклада студенту задаются вопросы в устной форме. Вопросы могут задавать все присутствующие.
- 7 Общая продолжительность защиты одной курсовой работы не должна превышать 15-20 минут.
- 8 Оценка курсовой работы записывается в ведомость.
- 9 Если же на курсовую работу научным руководителем представлен отрицательный отзыв, она подлежит переработке. После ее исправления и наличия положительного отзыва научного руководителя, студенту предоставляется право повторной защиты курсовой работы.
- 10 Студент, не представивший в установленный срок курсовую работу или не защитивший ее по неуважительной причине, считается имеющим академическую задолженность.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература

1. Старовиков, М. И. Введение в экспериментальную физику : учебное пособие / М. И. Старовиков. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-0862-7. — Текст : электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210155>
2. Фомин Д.В. Экспериментальные методы физики твердого тела [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Д.В. Фомин — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Вузовское образование, 2017. — 185 с. — Режим доступа: <http://>

www.iprbookshop.ru/57258.html

3. Фриш, С. Э. Оптические спектры атомов : учебное пособие / С. Э. Фриш. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 640 с. — ISBN 978-5-8114-1143-6. — Текст : электронный // Лань : электронно- библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210515>

4. Тимофеев, В. Б. Оптическая спектроскопия объемных полупроводников и наноструктур : учебное пособие / В. Б. Тимофеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1745-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211838>

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	http:// dxdy.ru/ fizika-f2.html	Научный форум. Физика, Математика, Химия, Механика и Техника. Обсуждение теоретических вопросов, входящих в стандартные учебные курсы. Дискуссионные темы физики: попытки опровержения классических теорий и т.п. Обсуждение нетривиальных и нестандартных учебных задач. Полезные ресурсы сети, содержащие материалы по физике

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	http://window.edu.ru	http://window.edu.ru
2	https://scholar.google.ru/	Google Scholar —поисковая система по полным текстам научных публикаций всех форматов и дисциплин.
3	https://elibrary.ru/	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - российский информационно- аналитический портал в области науки, технологии, медицины и образования
4	http://www.iprbookshop.ru	Научно- образовательный ресурс для решения задач обучения в России и за рубежом. Уникальная платформа ЭБС IPRbooks объединяет новейшие информационные технологии и учебную лицензионную литературу.
5	http://e.lanbook.com	Электронная библиотечная система «Издательства «Лань», тематические пакеты: математика, физика, инженерно-технические науки.
6	http://grotrian.nsu.ru/ru/	Электронная структура атомов Российская информационно- справочная система по спектральным данным атомов и ионов с одной из самых полных баз спектральных данных среди мировых систем.
7	http://www.mavicanet.ru/	MavicaNET - Многоязычный Поисковый Каталог. Теоретическая физика. Институты, лаборатории и др. организации, занимающиеся исследованиями в области теоретической физики. Может содержать все существующие подкатегории раздела физика, если источник связан с теоретическими исследованиями.

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях, представляющих собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, лабораторных занятий, аудиторий курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и

техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории. Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.