

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 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
«ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ФИЗИКЕ»

Направление подготовки 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) образовательной программы –

Квалификация выпускника – Бакалавр

Год набора – 2022

Форма обучения – Очная

Курс 4 Семестр 7,8

Экзамен 8 сем Зачет с оценкой 7 сем

Общая трудоемкость дисциплины 324.0 (академ. час), 9.00 (з.е)

Составитель Е.В. Стукова, профессор, 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 07.08.2020 № 891

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физики

01.09.2022 г. , протокол № 1

Заведующий кафедрой Стукова Е.В. Стукова

СОГЛАСОВАНО

Учебно-методическое управление

Чалкина Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Научная библиотека

Петрович О.В. Петрович

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Выпускающая кафедра

Стукова Е.В. Стукова

« 1 » сентября 2022 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр цифровой трансформации и
технического обеспечения

Тодосейчук А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2022 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 ОП ВО

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 наименования 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 ИД-3ПК-2 Владеет навыками работы с современным приборным оборудованием, методами обработки и анализа полученных результатов научных исследований в сфере профессиональной деятельности

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9.00 зачетных единицы, 324.0 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							10	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		22.8	Подготовка курсовой работы и презентации	
8	Зачет с оценкой	7								0.2		1.5		
9	Калориметрические методы	8	8		6		4					1		

	исследования													
10	Десорбционная спектроскопия	8	8		6		4						1	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе
11	Линейная и нелинейная диэлектрическая спектроскопия	8	8		6		4						1	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе
12	Методы исследования, построенные на явлении дифракции	8	8		6		4						1.5	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе
13	Масс-спектрометрия	8	8		6		4						1.5	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе
14	Методы исследования, построенные на квантовых эффектах	8	8		6		4						1.5	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе
15	Экзамен	8									0.3	26.7		
	Итого		100.0		70.0		58.0	0.0	2.2	0.3	26.7	66.8		

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. Переход частиц 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 явлении 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 микроскопии	Система управления АСМ, ЭСМ, МСМ (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 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
Калориметрические методы исследования	Классификация и устройство калориметров. Градуировка калориметра. Калориметрия сгорания. Особенности калориметрии неорганических веществ.
Десорбционная спектроскопия	Изотермический метод. Метод программирования температуры. Определение энергии активации

	десорбции. Электронно-стимулированная десорбция (ЭСД). Фотодесорбция.
Линейная и нелинейная диэлектрическая спектроскопия	Измерения температурно- частотных характеристик диэлектрических материалов. Измерители импеданса, иммитанса, адмитанса. Принципиальная схема метода НДС. Измерение высших гармоник сигнала диэлектрических материалов
Методы исследования, построенные на явлении дифракции	Метод вращения. Метод Лауэ. Метод расходящегося пучка. Метод порошка
Масс-спектрометрия	Принципиальная схема масс- спектрометра. Магнитные и динамические масс- спектрометры. Спектрометрион циклотронного резонанса. Хромато- масс- спектрометрия. Идентификация и установление строения веществ. Определение потенциалов ионизации молекул.
Методы исследования, построенные на квантовых эффектах	Устройство ЭПР спектрометров. Основные характеристики спектров ЭПР. Спектрометры электронного парамагнитного резонанса

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	10
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	22.8
8	Зачет с оценкой		1.5
9	Калориметрические	Подготовка к практическому занятию,	1

	методы исследования	подготовка отчета по лабораторной работе	
10	Десорбционная спектроскопия	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе	1
11	Линейная и не-линейная диэлектрическая спектроскопия	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе	1
12	Методы исследования, построенные на явлении дифракции	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе	1.5
13	Масс-спектрометрия	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе	1.5
14	Методы исследования, построенные на квантовых эффектах	Подготовка к практическому занятию, подготовка отчета по лабораторной работе	1.5

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 – «Физика» реализация компетентного 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> (дата обращения: 21.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
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> (дата обращения: 21.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
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> (дата обращения: 21.03.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

№	Наименование	Описание
1	Операционная система MS Windows 10 Education, Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 30 июня 2019 года.
2	Google Chrome	Бесплатное распространение по лицензии google chromium http://code.google.com/intl/ru/chromium/terms.html на условиях https://www.google.com/chrome/browser/privacy/eula_text.html .
3	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.