

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Е.А. Турилова

17 февраля 2023 г.

подписано электронно-цифровой подписью

Программа дисциплины

Диффузия в неупорядоченных средах

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Теоретическая физика и моделирование физических процессов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
 - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
 - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): доцент, к.н. (доцент) Хамзин А.А. (Кафедра теоретической физики, Отделение физики), airat.khamzin1976@gmail.com

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2	Способен свободно владеть разделами физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач, и применять результаты научных исследований в проектной деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

определение случайных блужданий, понятие случайного процесса, определения нормальной и аномальной диффузии, функцию распределения блуждающей частицы по регулярной решетке, определения устойчивых и дробно-устойчивых распределений, уравнение Ланжевена и Фоккера-Планка, их дробные аналоги, определение дробной производной, положения метода случайных блужданий с непрерывным временем, модель многократного захвата в ловушки, модель случайных барьеров, содержание приближения эффективной среды, определение фрактала и фрактальной размерности, спектральной размерности, связь между средним квадратичным отклонением частицы и проводимостью, определение фракталов, понятия о режиме Джоншера и почти постоянных потерь, первую и вторую универсальности проводимости, методы измерения ас проводимости, соотношение Нерста-Энштейна.

Должен уметь:

вычислять среднее квадратичное отклонение блуждающей частицы по регулярной решетке, в модели случайных ловушек и барьеров, в модели Шера-Монтролла, рассчитывать выражение для ас-проводимости в рамках простых моделей диффузии носителей заряда.

Должен владеть:

навыками расчета характеристик диффузии в неупорядоченных системах, используя физико-математических аппарат дисциплины, а также навыками интерпретации и анализа результатов расчетов

Должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.08.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Теоретическая физика и моделирование физических процессов)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 2 курсе в 3 семестре.

3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 49 часа(ов), в том числе лекции - 24 часа(ов), практические занятия - 24 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 95 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет с оценкой в 3 семестре.

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- стоя- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Случайные блуждания. Уравнения Ланжевена и Фоккера-Планка.	3	4	0	4	0	0	0	15
2.	Тема 2. Метод случайных блужданий с непрерывным временем.	3	4	0	4	0	0	0	16
3.	Тема 3. Метод случайных ловушек.	3	4	0	4	0	0	0	16
4.	Тема 4. Метод случайных барьеров.	3	4	0	4	0	0	0	16
5.	Тема 5. Диффузия на фракталах и перколяционных кластерах.	3	4	0	4	0	0	0	16
6.	Тема 6. Электрическая проводимость в неупорядоченных средах. Экспериментальные методы изучения диффузии в неупорядоченных средах.	3	4	0	4	0	0	0	16
	Итого		24	0	24	0	0	0	95

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Случайные блуждания. Уравнения Ланжевена и Фоккера-Планка.

Случайные блуждания по регулярной решетке: общие положения, нормальная диффузия Блуждание по одномерной решетке. Построение общей функции распределения блуждающей частицы на регулярной решетке. Случайные процессы. Аномальная диффузия. Центральная предельная теорема, устойчивые и дробно-устойчивые распределения. Полеты Леви, распределения Леви. Уравнение Ланжевена, дробное уравнение Ланжевена. Уравнение Фоккера-Планка, дробное уравнение Фоккера-Планка. Дробные производные.

Тема 2. Метод случайных блужданий с непрерывным временем.

Метод случайных блужданий с непрерывным временем, модель Шера-Монтролла. Распределения времен ожидания и пробегов. Обобщение метода случайных блужданий с непрерывным временем, релаксация Гаврильяк-Негами. Метод случайных блужданий с непрерывным временем и кластеризованными скачками, обобщенная Миттаг-Леффлера релаксация.

Тема 3. Метод случайных ловушек.

Диффузия по решетке со случайными ловушками. Уравнение кинетического баланса Паули. Двухуровневая модель (одна ловушка). Модель многократного захвата без учета конечности ловушек, решение для случая экспоненциального распределения ловушек по энергиям. Обобщение модели многократного захвата на случай конечности ловушек, решение модели по теории возмущений. Переход от модели многократного захвата к модели скачков, транспортный уровень. Приближение Бискуэрта для модели многократного захвата. Подход Архипова-Руденко.

Тема 4. Метод случайных барьеров.

Диффузия по решетке со случайными скоростями прыжков. Точное решение для диффузии частицы по одномерной решетке со случайными барьерами. Приближение эффективной среды. Решение основного уравнения метода случайной среды для равномерного распределения барьеров, формула Дире для проводимости. Решение основного уравнения метода случайной среды для экспоненциального распределения и бета-распределения барьеров. Обобщенная формула Дире для проводимости.

Тема 5. Диффузия на фракталах и перколяционных кластерах.

Фракталы, самоподобие, фрактальная размерность, случайные фракталы. Процессы переноса на самоподобных фрактальных структурах, аномальная диффузия. Диффузия на ковре Серпинского. Перколяция, диффузия на перколяционных кластерах. Критические индексы. Диффузия по дереву Кейли. Фрактоны, спектральная размерность, соотношение Александра-Орбаха.

Тема 6. Электрическая проводимость в неупорядоченных средах. Экспериментальные методы изучения диффузии в неупорядоченных средах.

Спектры диэлектрических потерь и проводимости неупорядоченных сред, метод широкополосной диэлектрической спектроскопии. Связь ас проводимости со средним квадратичным отклонением ионов. Поведение Джоншера и почти постоянных потерь, первая и вторая универсальности. АС проводимость в рамках метода Фанке миграции и релаксации. Первая универсальность спектра проводимости в рамках метода случайных ловушек. Подходы к обоснованию режима почти постоянных потерь. Уравнение Нерста-Энштейна, учет кросс-корреляций носителей заряда, отношение Хавьена. Феноменологическая теория отношения Хавьена. Соотношение Бартон-Накадзима-Намикава (BNN соотношение).

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-99бин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);
- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Методические материалы кафедры теоретической физики и информация для студентов - <https://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teoreticheskoy-fiziki/metodicheskie-materialy>
 ЭСБ Znaniun - <https://znaniun.com/>
 ЭСБ Лань - <https://e.lanbook.com/>

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Для овладения дисциплиной чрезвычайно важным является усвоение лекционного материала. Необходимо посещать все лекции, во время лекции следует вести конспект. После каждой лекции студенту следует внимательно прочитать и разобрать конспект (а также презентацию, представленную лектором, в случае ее наличия), при этом: <ul style="list-style-type: none"> - понять и запомнить все новые определения; - понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект; - выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются); - если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать; - студенты могут получить дополнительную информацию по вопросам, вызывающим затруднения, на консультациях с преподавателем; в случае возникновения затруднений с усвоением материала, необходимо в как можно более краткие сроки обратиться за консультацией к преподавателю, предварительно четко сформулировав список вопросов.
практические занятия	Для наиболее эффективного усвоения материала практического занятия рекомендуется провести подготовку к нему: 1) выполнить заданное на предыдущем практическом занятии домашнее задание (подробнее рекомендации об этом см. в пункте "Самостоятельная работа?"); в случае возникновения сложностей с его выполнением, быть готовым кратко их сформулировать на занятии; 2) разобрать лекционный материал предстоящего практического занятия. При возникновении трудностей с выполнением домашнего задания также рекомендуется проконсультироваться у своих одногруппников или сокурсников, приветствуется совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Пропустив какое-либо занятие, студенту следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетрадей одногруппников; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания.

Вид работ	Методические рекомендации
самостоятельная работа	<p>В самостоятельной работе студента можно выделить несколько составляющих.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Работа над лекционным материалом ? подробнее см. в пункте ?Лекции?. - Самостоятельное изучение части материала (например, лекционного). Если часть учебного материала отведена на самостоятельное изучение, то необходимо приступить к этому незамедлительно после указания преподавателя и освоить материал в отведенные им сроки. Материал следует изучить по доступным письменным и электронным источникам, о которых сообщит преподаватель. - В самостоятельной работе студентов над домашним заданием можно выделить две составляющие: 1) разбор решений задач аудиторных (практических) занятий, 2) самостоятельное решение домашних задач. После каждого аудиторного занятия студент должен сначала решить самостоятельно (не глядя в рабочую тетрадь) те задачи, которые решил преподаватель во время занятия. При возникновении трудностей во время решения какой-нибудь задачи следует разобрать решение этой задачи в тетради. Затем следует решить задачу самостоятельно без тетради. Сколько бы раз не приходилось возвращаться к тетради, настоятельно рекомендуется научиться воспроизводить решение самостоятельно. Затем следует приступить к решению задач из домашнего задания. При возникновении трудностей с выполнением домашнего задания также рекомендуется проконсультироваться у своих одногруппников или сокурсников, приветствуется совместный поиск решений. Также можно обратиться за помощью к преподавателю. Пропустив какое-либо занятие, студенту следует скопировать решение разобранных на занятии задач из тетрадей одногруппников; разобрать их решение, решить их самостоятельно, а также решить задачи домашнего задания.
зачет с оценкой	<p>Дифференцированный зачет как форма промежуточного контроля и организации обучения служит приемом проверки степени усвоения учебного материала и лекционных занятий, качества усвоения обучающимися отдельных разделов учебной программы, сформированных умений и навыков. Зачет проводится устно или письменно по решению преподавателя, в объеме учебной программы. Преподаватель вправе задать дополнительные вопросы, помогающие выяснить степень знаний обучающегося в пределах учебного материала, вынесенного на зачет.</p> <p>По решению преподавателя зачет может быть выставлен без опроса - по результатам работы обучающегося на лекционных и(или) практических занятиях.</p> <p>В период подготовки к дифференцированному зачету обучающиеся вновь обращаются к пройденному учебному материалу. При этом они не только закрепляют полученные знания, но и получают новые.</p> <p>Подготовка обучающегося к зачету включает в себя три этапа:</p> <ul style="list-style-type: none"> * самостоятельная работа в течение процесса обучения; * непосредственная подготовка в дни, предшествующие зачету по темам курса; * подготовка к ответу на вопросы, содержащиеся в билетах/тестах (при письменной форме проведения дифференцированного зачета). <p>Литература для подготовки к зачету рекомендуется преподавателем.</p> <p>Дифференцированный зачет в письменной форме проводится по билетам/тестам, охватывающим весь пройденный по данной теме материал. По окончании ответа преподаватель может задать обучающемуся дополнительные и уточняющие вопросы. На подготовку к ответу по вопросам билета/теста обучающемуся дается 60 минут с момента получения им билета/теста.</p> <p>Результаты дифференцированного зачета объявляются обучающемуся после проверки ответов.</p>

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 03.04.02 "Физика" и магистерской программе "Теоретическая физика и моделирование физических процессов".

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Теоретическая физика и моделирование физических процессов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Основная литература:

1. Осипов, Ю. В. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур. Диффузия : учебное пособие / Ю. В. Осипов, М. Б. Славин. - Москва : МИСИС, 2011. - 73 с. - ISBN 978-5-87623-420-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/47465> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Бородин, А. Н. Случайные процессы : учебное пособие / А. Н. Бородин. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 640 с. - ISBN 978-5-8114-1526-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211268> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Бородин, А. Н. Справочник по броуновскому движению. Факты и формулы : учебное пособие / А. Н. Бородин, П. Салминен. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 704 с. - ISBN 978-5-8114-2186-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/213227> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Гантмахер, В. Ф. Электроны в неупорядоченных средах / В. Ф. Гантмахер. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 288 с. - ISBN 978-5-9221-1487-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/91178> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Гегузин, Я. Е. Очерки о диффузии в кристаллах : учебное пособие / Я. Е. Гегузин - 3-е изд. - Долгопрудный: Издательский Дом 'Интеллект', 2015. - 224 с. - ISBN 978-5-91559-194-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/525685> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
6. Аминов, Л. К. Термодинамика и статистическая физика. Конспекты лекций и задачи / Л. К. Аминов. - Казань: Казан. ун-т, 2015. - 180 с. - Текст : электронный. - URL: http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/20317/3/06_41_001076.pdf (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Мерер, Х. Диффузия в твердых телах : монография / Х. Мерер ; пер. с англ., под ред. Е. Б. Якимова, В. В. Аристова. - Долгопрудный : Издательский Дом 'Интеллект', 2011. - 536 с. - ISBN 978-5-91559-067-9. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1117895> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

Дополнительная литература:

1. Бакунин, О. Г. Турбулентность и диффузия. От хаоса к структурам / О. Г. Бакунин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 235 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/48259> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Термодинамика фазовых превращений и диффузия в металлах и сплавах : учебное пособие / Ю. Н. Малютина, И. А. Батаев, О. Г. Ленивецова, Д. В. Лазуренко. - Новосибирск : НГТУ, 2017. - 108 с. - ISBN 978-5-7782-3312-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/118105> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Лифшиц, М. А. Случайные процессы - от теории к практике : учебное пособие для вузов / М. А. Лифшиц. - 3-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 308 с. - ISBN 978-5-8114-9833-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/200411> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Хрущева, И. В. Основы математической статистики и теории случайных процессов : учебное пособие / И. В. Хрущева, В. И. Щербаков, Д. С. Леванова. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 336 с. - ISBN 978-5-8114-0914-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210386> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей..
5. Булинский, А. В. Теория случайных процессов : учебное пособие / А. В. Булинский, А. Н. Ширяев. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 400 с. - ISBN 978-5-9221-0335-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59319> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Тимохин, В. М. Физика диэлектриков. Термоактивационная и диэлектрическая спектроскопия кристаллических материалов. Протонный транспорт : учебное пособие / В. М. Тимохин. - Москва : МИСИС, 2013. - 258 с. - ISBN 978-5-87623-677-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/47469> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Теоретическая физика и моделирование физических процессов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.