

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



*подписано электронно-цифровой подписью*

**Программа дисциплины**  
Физика неравновесных процессов

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика  
Профиль подготовки: Физика перспективных материалов  
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), aigat.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-1	Способен самостоятельно ставить конкретные задачи научных исследований в области физики и решать их с помощью современной аппаратуры и информационных технологий с использованием новейшего российского и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

теоретические основы феноменологической термодинамики неравновесных процессов, методов неравновесного статистического оператора Зубарева и Мори-Цванцига

Должен уметь:

использовать полученные знания теоретических основ физики неравновесных процессов для построения кинетических уравнений, описывающих неравновесные процессы в многочастичных системах

Должен владеть:

навыками вывода кинетических уравнений для модельных систем и их решения в рамках методов физики неравновесных процессов, анализа неравновесных процессов в широком круге многочастичных систем.

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.01.02 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Физика перспективных материалов)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 1 курсе в 2 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 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 24 часа(ов), в том числе лекции - 12 часа(ов), практические занятия - 12 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 30 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 18 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен во 2 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 рабо- та
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практи- ческие занятия, всего	Практи- ческие в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Феноменологическая термодинамика необратимых процессов	2	2	0	2	0	0	0	2
2.	Тема 2. Метод неравновесного статистического оператора	2	4	0	4	0	0	0	8
3.	Тема 3. Приложения метода неравновесного статистического оператора	2	4	0	4	0	0	0	8
4.	Тема 4. Метод Мори-Цванцига	2	2	0	2	0	0	0	12
	Итого		12	0	12	0	0	0	30

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Феноменологическая термодинамика необратимых процессов

Принцип локального равновесия. Уравнение баланса энтропии и законы сохранения. Обобщенные потоки и обобщенные силы. Основные положения теории Онсагера. Принцип минимального производства энтропии. Диссипативные неравновесные структуры. Универсальный критерий эволюции Глендсдорфа-Пригожина. Способы описания сильно неравновесных систем.

##### Тема 2. Метод неравновесного статистического оператора

Квазиравновесное распределение. Экстремальные свойства квазиравновесного распределения и термодинамика квазиравновесного ансамбля. Граничные условия и уравнение Лиувилля для неравновесного статистического оператора. Интегральные уравнения и теория возмущений для неравновесного статистического оператора. Линейные релаксационные уравнения в методе неравновесного статистического оператора.

##### Тема 3. Приложения метода неравновесного статистического оператора

Вывод основного кинетического уравнения в методе неравновесного статистического оператора. Ядерная спин-решеточная релаксация. Формула Гортера. Кинетические уравнения для изинговских магнетиков. Кинетическое уравнение для одночастичной матрицы плотности. Уравнения Блоха для полного магнитного момента.

##### Тема 4. Метод Мори-Цванцига

Метод проекционных операторов Мори. Связь линейного варианта метода неравновесного статистического оператора и метода Мори. Вычисление электропроводности с использованием метода проекционных операторов Мори. Основное кинетическое уравнение. Кинетическое уравнение Цванцига. Формализм функций памяти. Метод Робертсона.

#### 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

Хамзин А.А. Квантовая теория неравновесных процессов. Конспект лекций. Учебное пособие / А.А. Хамзин. - Казань: Казан. ун-т, 2017. - 99 с. [Электронный ресурс] -

<http://kpfu.ru/portal/docs/F1397333706/Khamzin.Kvantovaya.teoriya.neravnovesnyh.processov.pdf>

Хамзин А.А., Нигматуллин Р.Р. Метод неравновесного статистического оператора и его приложения к кинетике изинговских магнетиков - [http://kpfu.ru/portal/docs/F726314524/nonequilibrium\\_statistical\\_operator.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F726314524/nonequilibrium_statistical_operator.pdf)

ЭБС znanium.com - <http://znanium.com/>

ЭОР Хамзин А.А., Нигматуллин Р.Р. Квантовая теория неравновесных процессов -

<http://edu.kpfu.ru/course/view.php?id=623>

ЭСБ Лань - <https://e.lanbook.com/>

## **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 ТФ -

<http://kpfu.ru/physics/struktura/kafedry/kafedra-teoreticheskoy-fiziki/metodicheskie-materialy>

Новая электронная библиотека newlibrary.ru -

[http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/fizika/termodinamika\\_\\_statisticheskaja\\_fizika/](http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/fizika/termodinamika__statisticheskaja_fizika/)

Статистическая физика - Мир математических уравнений EqWorld -

<http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/statphys.htm>

ЭБС znanium.com - <http://znanium.com/>

ЭСБ Лань - <https://e.lanbook.com/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	<p>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:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- понять и запомнить все новые определения;</li> <li>- понять все математические выкладки и лежащие в их основе физические положения и допущения; воспроизвести все выкладки самостоятельно, не глядя в конспект;</li> <li>- выполнить или доделать выкладки, которые лектор предписал сделать самостоятельно (если таковые имеются);</li> <li>- если лектор предписал разобрать часть материала более подробно самостоятельно по письменным или электронным источникам, то необходимо своевременно это сделать;</li> <li>- 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.</li> </ul>
практические занятия	<p>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.</p>
самостоятельная работа	<p>В самостоятельной работе студента можно выделить несколько составляющих.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Работа над лекционным материалом ? подробнее см. в пункте ?Лекции?.</li> <li>- 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.</li> <li>- 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.</li> </ul>

Вид работ	Методические рекомендации
экзамен	<p>Залогом успешной сдачи экзамена являются систематические, добросовестные занятия студента в течение семестра. Однако это не отменяет необходимости специальной работы перед сессией и в период сдачи экзаменов. Специфической задачей работы студента в период экзаменационной сессии являются повторение, обобщение и систематизация всего материала, который изучен в течение семестра. Начинать повторение рекомендуется за месяц-полтора до начала сессии.</p> <p>В основу повторения должна быть положена только программа. Не следует повторять ни по билетам, ни по контрольным вопросам. Повторение по билетам нарушает систему знаний и ведет к механическому заучиванию. Повторение по различного рода контрольным вопросам приводит к пропускам и пробелам в знаниях и к недоработке иногда весьма важных разделов программы. Повторение - процесс индивидуальный; каждый студент повторяет то, что для него трудно, неясно, забыто. Поэтому, прежде чем приступить к повторению, рекомендуется сначала внимательно посмотреть программу, установить наиболее трудные, наименее усвоенные разделы и выписать их на отдельном листе.</p> <p>В процессе повторения анализируются и систематизируются все знания, накопленные при изучении программного материала: данные учебника, записи лекций, конспекты прочитанных книг, заметки, сделанные во время консультаций или семинаров, и др. Ни в коем случае нельзя ограничиваться только одним конспектом, а тем более, чужими записями. Всякого рода записи и конспекты - вещи сугубо индивидуальные, понятные только автору. Готовясь по чужим записям, легко можно впасть в очень грубые ошибки. Само повторение рекомендуется вести по темам программы и по главам учебника. Закончив работу над темой (главой), необходимо ответить на вопросы учебника или выполнить задания, а самое лучшее - воспроизвести весь материал. Консультации, которые проводятся для студентов в период экзаменационной сессии, необходимо использовать для углубления знаний, для восполнения пробелов и для разрешения всех возникших трудностей. Без тщательного самостоятельного продумывания материала беседа с консультантом неизбежно будет носить 'общий', поверхностный характер и не принесет нужного результата.</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 "Физика перспективных материалов".



### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика перспективных материалов

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2023

#### Основная литература:

1. Хамзин, А.А. Квантовая теория неравновесных процессов. Конспект лекций. Учебное пособие / А.А. Хамзин. - Казань: Казан. ун-т, 2017. - 99 с. - Текст: электронный. - URL: <http://kpfu.ru/portal/docs/F1397333706/Khamzin.Kvantovaya.teoriya.neravnovesnyh.processov.pdf> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Приложения двухвременных термодинамических функций Грина в физике твердого тела (Конспект лекций на английском языке) / Л.Р. Тагиров, Б.И. Кочелаев, Р.Г. Деминов, Н.Х. Усеинов. - Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2018. - 101 с. [Электронный ресурс]. - URL: [http://kpfu.ru/docs/F237569143/Application\\_of\\_Green\\_functions.pdf](http://kpfu.ru/docs/F237569143/Application_of_Green_functions.pdf) (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Прудников, В. В. Теоретические методы описания неравновесного критического поведения структурно неупорядоченных систем : монография / В. В. Прудников, П. В. Прудников, А. Н. Вакилов. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 316 с. - ISBN 978-5-9221-1556-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/71977> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Пармон, В. Н. Термодинамика неравновесных процессов для химиков. Приложения к химической кинетике, катализу, материаловедению и биологии: учебное пособие/В.Н. Пармон - Долгопрудный: Интеллект, 2015. - 472 с. ISBN 978-5-91559-189-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/512560> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
5. Морозов, А. И. Элементы современной физики твердого тела: учебное пособие/А.И.Морозов - Долгопрудный: Интеллект, 2015. - 216 с. ISBN 978-5-91559-191-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/518200> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
6. Петелин, А. Л. Нелинейная термодинамика неравновесных систем : учебное пособие / А. Л. Петелин. - Москва : МГТУ им. Баумана, 2014. - 110 с. - ISBN 978-5-7038-4052-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1947383> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
7. Булидорова, Г. В. Введение в неравновесную и статистическую термодинамику : учебно-методическое пособие / Г. В. Булидорова, К. А. Романова, Ю. Г. Галяметдинов. - Казань : КНИТУ, 2020. - 92 с. - ISBN 978-5-7882-2904-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1903498> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.

#### Дополнительная литература:

1. Хамзин, А.А., Нигматуллин Р.Р. Метод неравновесного статистического оператора и его приложения к кинетике изинговских магнетиков: учебное пособие/ А.А. Хамзин, А.А., Р.Р. Нигматуллин. - Казань: Изд-во Казанского Университета, 2011. - 87 с. - Текст: электронный. - URL: [http://kpfu.ru/portal/docs/F726314524/nonequilibrium\\_statistical\\_operator.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F726314524/nonequilibrium_statistical_operator.pdf) (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Борисёнок, С. В. Квантовая статистическая механика : учебное пособие / С. В. Борисёнок, А. С. Кондратьев. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 136 с. - ISBN 978-5-9221-1277-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2672> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Еремин, М. В. Микроскопические модели в конденсированных средах: учебное пособие/ М. В. Еремин: Казань: Изд. КГУ, 2011. - 113 с. - Текст: электронный. - URL: [http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin\\_Posobie\\_2011.doc](http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc) (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Сорокин, В. С. Макроскопическая необратимость и энтропия. Введение в термодинамику : учебное пособие / В. С. Сорокин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2004. - 176 с. - ISBN 5-9221-0507-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59366> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Петров, Ю. В. Основы физики конденсированного состояния: учебное пособие / Ю.В. Петров. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 216 с. ISBN 978-5-91559-110-2, 500 экз. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/484938> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: по подписке.
6. Квасников, И. А. Термодинамика и статистическая физика. Теория неравновесных систем / И.А. Квасников. - Москва: Изд-во Московского университета, 1987 - 559с. (5 экз. - НБ КФУ).
7. Зубарев, Д. Н. Неравновесная статистическая термодинамика / Д.Н. Зубарев. - Москва: Наука, 1971 - 415 с. (14 экз. - НБ КФУ).
8. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика. Физическая кинетика. Том X : учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 2-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 536 с. - ISBN 5-9221-0125-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2692> (дата обращения: 12.05.2023). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
9. Цирлин, А. М. Процессы минимальной диссипации в необратимой термодинамике : монография / А. М. Цирлин. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 400 с. - ISBN 978-5-507-44649-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/238517> (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: Физика перспективных материалов

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.