

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  
Проф. Д. А. Таюрский

» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

Квантовая теория неравновесных процессов

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика

Профиль подготовки: Теоретическая и математическая физика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

## 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
ОПК-6	способностью использовать знания современных проблем и новейших достижений физики в научно-исследовательской работе

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

теоретические основы методов неравновесного статистического оператора Зубарева и Мори-Цванцига

Должен уметь:

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

Должен владеть:

навыками вывода кинетических уравнений для модельных систем и их решения в рамках метода неравновесного статистического оператора

Должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ОД.1 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.04.02 "Физика (Теоретическая и математическая физика)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 1 курсе в 1 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 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

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

Самостоятельная работа - 48 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 1 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	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Феноменологическая термодинамика необратимых процессов	1	0	2	3	10
2.	Тема 2. Метод неравновесного статистического оператора	1	0	4	3	10

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Приложения метода неравновесного статистического оператора	1	0	4	3	10
4.	Тема 4. Метод Мори-Цванцига	1	0	2	3	18
	Итого		0	12	12	48

## 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 Гленддорфа-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

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. Основное кинетическое уравнение. Кинетическое уравнение Цванцига.

## 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 образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/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., 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)

ЭОР Хамзин А.А., Нигматуллин Р.Р. Квантовая теория неравновесных процессов - <http://edu.kpfu.ru/course/view.php?id=623>

## 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>

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

Основные цели самостоятельной работы студентов:

- систематизация и закрепление теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубление и расширение теоретических знаний, формирование умений использовать справочную документацию и дополнительную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности обучающихся, творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельного мышления;
- развитие исследовательских умений;
- приобретение умений пользоваться справочной литературой, нормативными документами, электронными и интернет ресурсами;

Написание рефератов студентами является необходимым элементом учебного процесса и выполнения учебного плана.

Основными задачами выполнения реферативной работы является:

- развитие мышления и творческих способностей студента,

- приобретение навыков самостоятельной работы,
- обучение методам поиска, систематизации и обобщения материалов информационных источников,
- формирование навыков анализа и критической оценки исследуемого научного и практического материала,
- расширение профессионального кругозора.

Студентам предоставляется право выбора темы реферата в пределах перечня преподавателя и тематики, определяемой ведущим лектором. После утверждения темы реферата преподаватель определяет сроки и время консультирования по написанию работ студентами. Следующим этапом выполнения работы является подбор и изучение студентом литературы по исследуемой теме по информационным источникам.

Реферат (с лат. refero-докладываю, сообщаю) - это краткое изложение в письменном виде результатов изучения научной проблемы, включающий обзор соответствующих информационных источников. Традиционно при обучении в университете реферат студента имеет научно-информационное назначение и используется для анализа научной проблемы по имеющимся в литературе данным. Источниками для реферата являются книги, учебники, учебные пособия, монографии, научные статьи, а также материалы научных конференций, семинаров и симпозиумов. Реферат должен включать следующие пункты:

- Титульный лист
- Оглавление (с указанием начальных страниц)
- Введение
- Основное содержание
- Заключение
- Список литературы

Рекомендуемый объем реферата составляет 10-15 страниц. Реферат оформляется в письменной форме с подробным выводом всех формул. Выступление с докладом по материалам реферата с использованием доски или мультимедийной техники (регламент - 20 минут).

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор студента, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки. Опрос

-важнейшее средство развития мышления и речи. Он обладает большими возможностями воспитательного воздействия преподавателя. Обучающая функция состоит в

выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту или экзамену. Устный опрос проводится в форме индивидуальной беседы преподавателя со студентом. К устному опросу необходимо тщательно готовиться. Перечень вопросов для устного опроса приведен в пункте 6.3. При подготовке к устному опросу можно использовать следующее пособие: 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>

#### **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 и математическая физика".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ОД.1 Квантовая теория неравновесных процессов

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

Направление подготовки: 03.04.02 - Физика  
Профиль подготовки: Теоретическая и математическая физика  
Квалификация выпускника: магистр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2017

**Основная литература:**

1. 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>
2. Тагиров Л.Р., Кочелаев Б.И., Дёминов Р.Г., Усеинов Н.Х. Приложения двухвременных термодинамических функций Грина в физике твердого тела (Конспект лекций на английском языке). - Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2012. - 101с. [Электронный ресурс]  
[http://kpfu.ru/docs/F237569143/Application\\_of\\_Green\\_functions.pdf](http://kpfu.ru/docs/F237569143/Application_of_Green_functions.pdf)
3. Петров Ю.В. Основы физики конденсированного состояния. - Долгопрудный : Интеллект, 2013. - 213 с.
4. Прудников В.В., Прудников П.В., Вакилов А.Н. Теоретические методы описания неравновесного критического поведения структурно неупорядоченных систем. - М.: Физматлит, 2013 - 316. стр.  
<https://e.lanbook.com/reader/book/71977/#1>

**Дополнительная литература:**

1. Хамзин А.А., Нигматуллин Р.Р. Метод неравновесного статистического оператора и его приложения к кинетике изинговских магнетиков. - Казань: Изд-во Казанского Университета, 2011. - 87 с.  
[http://kpfu.ru/portal/docs/F726314524/nonequilibrium\\_statistical\\_operator.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F726314524/nonequilibrium_statistical_operator.pdf)
2. Борисёнок С.В., Кондратьев А.С. Квантовая статистическая механика. М.: Физматлит, 2011. - 136 с.  
<http://e.lanbook.com/view/book/2672/>

3. Еремин, М. В. Микроскопические модели в конденсированных средах/ М. В. Еремин, Учебное пособие. - Казань: Изд. КГУ, 2011, - 113с.

[http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin\\_Posobie\\_2011.doc](http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc)

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ОД.1 Квантовая теория неравновесных процессов

**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 и математическая физика  
Квалификация выпускника: магистр  
Форма обучения: очное  
Язык обучения: русский  
Год начала обучения по образовательной программе: 2017

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.