

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
_____ Турилова Е.А.
"___" _____ 20__ г.

Программа дисциплины
Физика фазовых переходов

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика
Направленность (профиль) подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии
Квалификация выпускника: бакалавр
Форма обучения: очное
Язык обучения: русский
Год начала обучения по образовательной программе: 2025

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): заведующий кафедрой, д.н. 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-1	способность проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные модели для описания фазовых переходов в многочастичных квантовых системах, метод среднего поля и точные методы анализа в теории магнитных фазовых переходов, основные теоретические подходы к описанию переходов металл-изолятор и металл-диэлектрик, теорию Ландау фазовых переходов, основы флуктуационной теории фазовых переходов и ренорм-группового анализа

Должен уметь:

применять методы среднего поля и флуктуационной теории в физике квантовых систем

Должен владеть:

навыками вычисления (в рамках простых моделей) термодинамических и магнитных характеристик квантовых 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.09.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 03.03.02 "Физика (Физика квантовых систем и квантовые технологии)" и относится к дисциплинам по выбору части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Осваивается на 4 курсе в 8 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 - 65 часа(ов), в том числе лекции - 30 часа(ов), практические занятия - 34 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 1 часа(ов).

Самостоятельная работа - 43 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 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, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабораторные работы, всего	Лабораторные в эл. форме	
1.	Тема 1. Основные принципы и понятия статистической физики.	8	2	0	1	0	0	0	2
2.	Тема 2. Метод среднего поля. Модель Изинга	8	5	0	5	0	0	0	7
3.	Тема 3. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм в модели Гейзенберга	8	6	0	6	0	0	0	10
4.	Тема 4. Фазовый переход металл-изолятор	8	5	0	4	0	0	0	8
5.	Тема 5. Феноменологическая теория фазовых переходов Ландау. Флуктуации параметра порядка	8	6	0	8	0	0	0	10
6.	Тема 6. Масштабные преобразования Каданова. Соотношения скейлинга. Критические показатели. Метод ренормализационной группы	8	6	0	10	0	0	0	6
	Итого		30	0	34	0	0	0	43

4.2 Содержание дисциплины (модуля)

Тема 1. Основные принципы и понятия статистической физики.

Основные принципы статистической физики, основные понятия: микроскопические состояния, статистический оператор, статистический ансамбль, каноническое и большое каноническое распределения, вычисление средних, термодинамические параметры, равновесие фаз, фазовые переходы, параметр порядка, критические показатели.

Тема 2. Метод среднего поля. Модель Изинга

Магнитные фазовые переходы и теория эффективного молекулярного поля Кюри-Вейсса. Термодинамика модели Изинга в приближении среднего поля: намагниченность, критическая температура, теплоемкость, восприимчивость. Точное решение модели Изинга в одномерном и двумерном случаях. Обобщенное приближение среднего поля.

Тема 3. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм в модели Гейзенберга

Квантовая модель Гейзенберга. Основное состояние ферромагнетика в модели Гейзенберга. Возбуждения в гейзенберговском ферромагнетике. Магноны. Свойства магнонов, спектр возбуждений. Термодинамика магнонов. Анизотропная модель Гейзенберга. Антиферромагнетизм в приближении молекулярного поля Вейсса. Возбуждения в антиферромагнитной модели Гейзенберга. Термодинамика антиферромагнитных магнонов. Неустойчивость антиферромагнитного состояния относительно нулевых колебаний и спиновых возбуждений.

Тема 4. Фазовый переход металл-изолятор

Переход Мотта. Фазовый переход полуметалл-изолятор в модели Келдыша-Копаева. Экситоны. Модель Хаббарда. Решение модели Хаббарда в методе двухвременных температурных функций Грина. Переход металл-изолятор в модели Хаббарда. Фазовый переход металл-изолятор в неупорядоченной системе. Модель Андерсона. Локализация.

Тема 5. Феноменологическая теория фазовых переходов Ландау. Флуктуации параметра порядка

Разложение термодинамического потенциала по степеням параметра порядка. Условия на коэффициенты разложения. Равновесный параметр порядка и скачок теплоемкости. Влияние внешнего магнитного поля на фазовый переход, фазовый переход первого рода, восприимчивость. Критические показатели. Физическая причина нарушения теории Ландау. Разложение термодинамического потенциала в неоднородном случае. Флуктуации параметра порядка и их корреляционная функция. Корреляционная длина и ее критический индекс. Отсутствие дальнего порядка в низкоразмерных системах. Критерий Гинзбурга применимости теории фазовых переходов Ландау.

Тема 6. Масштабные преобразования Каданова. Соотношения скейлинга. Критические показатели. Метод ренормализационной группы

Масштабная инвариантность, взаимодействие флуктуаций. Корреляционная длина и гипотеза подобия. Построение Каданова, масштабное преобразование и анализ размерностей. Вывод основных соотношений между критическими показателями. Сравнение с экспериментом. Универсальность критического поведения. Гамильтониан Гинзбурга-Ландау. Определение ренормализационной группы, неподвижная точка, критическая поверхность. Гауссова неподвижная точка и линеаризация ренормализационной группы. Ренормгруппа в пространстве размерности 4-эпсилон. Ренормгрупповой анализ одномерной и двумерной моделей Изинга.

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

Методические материалы кафедры теоретической физики -

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

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

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 указания кафедры теоретической физики для студентов -

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

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	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: - 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
самостоя- тельная работа	В самостоятельной работе студента можно выделить несколько составляющих. - 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	Залогом успешной сдачи зачета являются систематические, добросовестные занятия студента в течение семестра. Однако это не отменяет необходимости специальной работы перед сессией и в период сдачи зачетов. Специфической задачей работы студента в период зачетной сессии являются повторение, обобщение и систематизация всего материала, который изучен в течение семестра. Начинать повторение рекомендуется за месяц-полтора до начала сессии. 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. 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.

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 03.03.02 "Физика" и профилю подготовки "Физика квантовых систем и квантовые технологии".

Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Основная литература:

1. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния : учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - 6-е изд. (эл.). - Москва : Лаборатория знаний, 2024. - 296 с. - ISBN 978-5-93208-863-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/400142> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Аминов, Л. К. Термодинамика и статистическая физика. Конспекты лекций и задачи [Электронный ресурс] / 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: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Краснопевцев, Е. А. Спецглавы физики. Статистическая физика равновесных систем / Краснопевцев Е.А. - Новосибирск : НГТУ, 2014. - 387 с.: ISBN 978-5-7782-2565-7. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/556963> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: по подписке.
4. Захаров, А. Ю. Теоретические основы физического материаловедения. Статистическая термодинамика модельных систем : учебное пособие / А. Ю. Захаров. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 256 с. - ISBN 978-5-8114-2092-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212273> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Ковалевский, М. Ю. Статистическая механика квантовых жидкостей и кристаллов : монография / М. Ю. Ковалевский, С. В. Пелетминский ; под редакцией Н. Н. Боголюбова. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2006. - 368 с. - ISBN 5-9221-0698-8. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59429> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Прудников, В. В. Фазовые переходы и методы их компьютерного моделирования : учебное пособие / В. В. Прудников, А. Н. Вакилов, П. В. Прудников. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 224 с. - ISBN 978-5-9221-0961-1. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2288> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. Ансельм, А. И. Основы статистической физики и термодинамики : учебное пособие / А. И. Ансельм. - 2-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 448 с. - ISBN 978-5-8114-0756-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210215> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие : в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под редакцией Л. П. Питаевского. - 6-е изд., стереот. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2021 - Том 5 : Статистическая физика. В 2 ч. Ч. 1 - 2021. - 620 с. - ISBN 978-5-9221-1510-0. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/185665> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
9. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие : в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский ; под редакцией Г. С. Ландсберга. - 5-е изд., испр. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2021 - Том 9 : Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния - 2021. - 440 с. - ISBN 978-5-9221-1580-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/185699> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
10. Долгополов, В. Т. Взаимодействующие электроны в нормальных металлах. Методы описания Ферми-жидкости : лекции / В. Т. Долгополов. - Черноголовка : ИФТТ РАН!, 2021. - 66 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/198107> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
11. Пейсахович, Ю. Г. Физика конденсированного состояния. Фазовые переходы. Магнетики. Свойства диэлектриков : учебное пособие / Ю. Г. Пейсахович, Н. И. Филимонова. - Новосибирск : НГТУ, 2018. - 163 с. - ISBN 978-5-7782-3612-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/118468> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

12. Мейлихов, Е. З. Магнетизм. Основы теории: Учебное пособие / Е.З. Мейлихов. - Долгопрудный: Интеллект, 2014. - 184 с. ISBN 978-5-91559-155-3, 500 экз. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/486429> (дата обращения: 12.01.2025)
13. Мейлихов, Е. З. Общая физика конденсированного состояния : учебное пособие / Е. З. Мейлихов. - Долгопрудный : Интеллект, 2018. - 416 с. - ISBN 978-5-91559-246-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1026992> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: по подписке.
14. Хасанов Б.М. Задачи по физике фазовых переходов: учебно-методическое пособие / Б.М. Хасанов. - Казань: КПФУ, 2013. - 17 с. - Текст: электронный. - URL: http://kpfu.ru/docs/F129716669/Zadachi_po_fizike_fazovih_perehodov.pdf (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература:

1. Еремин, М.В. Микроскопические модели в конденсированных средах // Учебное пособие. - Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2011. - 113 с. - Текст: электронный. - URL: http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Шаров, Ю. И. Термодинамика : учебник / Ю. И. Шаров. - Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. - 164 с. - ISBN 978-5-9729-2563-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/500831> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. 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: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Свечникова, Л. А. Фазовые и структурные превращения в металлах и сплавах: Учебное пособие / Свечникова Л.А., Темных В.И., Токмин А.М. - Краснояр.:СФУ, 2016. - 194 с.: ISBN 978-5-7638-3425-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/967980> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: по подписке.
5. Щеголев, И. Ф. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики: Учебное пособие / И.Ф. Щеголев. - 2-е изд., испр. - Долгопрудный: Интеллект, 2008. - 208 с. (Физтеховский учебник). ISBN 978-5-91559-006-8, 1500 экз. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/185400> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: по подписке.
6. Брандт, Н. Б. Квазичастицы в физике конденсированного состояния : учебное пособие / Н. Б. Брандт, В. А. Кульбачинский. - 3-е изд. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 632 с. - ISBN 978-5-9221-1209-3. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59598> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
7. 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: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
8. Катанин, А. А. Модельные подходы к магнетизму двумерных зонных систем / А. А. Катанин, В. Ю. Ирхин, П. А. Игошев. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2012. - 176 с. - ISBN 978-5-9221-1425-7. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59630> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
9. Прудников, В. В. Квантово-статистическая теория твердых тел : учебное пособие для вузов / В. В. Прудников, П. В. Прудников, М. В. Мамонова. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 448 с. - ISBN 978-5-507-44520-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/233297> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
10. Гавриленко, В. Г. Термодинамика и статистическая физика : учебное пособие / В. Г. Гавриленко, С. М. Грач. - Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, [б. г.]. - Часть 1 : Термодинамика и классическая статистика - 2018. - 93 с. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/144641> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
11. Березинский, В. Л. Низкотемпературные свойства двумерных систем с непрерывной группой симметрии / В. Л. Березинский. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. - 225 с. - ISBN 978-5-9221-0807-2. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/48246> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
12. Борисов, А. Б. Двумерные и трехмерные топологические дефекты, солитоны и текстуры в магнетиках : монография / А. Б. Борисов, В. В. Киселев. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2022. - 456 с. - ISBN 978-5-9221-1924-5. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/305297> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

13. Скрипов, В. П. Фазовые переходы кристалл-жидкость-пар и термодинамическое подобие : учебное пособие / В. П. Скрипов, М. З. Файзуллин. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 160 с. - ISBN 5-9221-0475-6. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/59358> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
14. Сёмкин, С. В. Приближенные методы в теории чистых и разбавленных магнетиков: монография : монография / С. В. Сёмкин. - Владивосток : ВГУЭС, 2019. - 220 с. - ISBN 978-5-9736-0562-9. - Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/161447> (дата обращения: 12.01.2025). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

Направление подготовки: 03.03.02 - Физика

Профиль подготовки: Физика квантовых систем и квантовые технологии

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

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.