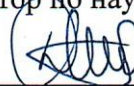


**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования**  
**«Казанский (Приволжский) федеральный университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор –  
проректор по научной деятельности



\_\_\_\_\_ Д.А. Таюрский

« 9 \_\_\_\_\_ 2024 г.



**Программа**  
**кандидатского экзамена**  
**по научной специальности 1.3.3 Теоретическая физика**

## **Цель и задачи кандидатского экзамена по специальности 1.3.3 Теоретическая физика.**

### **Цель.**

Кандидатские экзамены являются составной частью аттестации научных и научно-педагогических кадров. Цель экзамена – установить глубину профессиональных знаний соискателей ученой степени, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе. Сдача кандидатских экзаменов обязательна для присуждения ученой степени.

Экзамен по специальной дисциплине должен выявить уровень теоретической и профессиональной подготовки соискателя, знание общих концепций и методологических вопросов соответствующей науки, истории её формирования и развития, фактического материала, основных теоретических и практических проблем данной отрасли знаний.

### **Задачи.**

- способности формулировать и доказывать основные положения и результаты теоретической физики;
- готовности понимать, излагать и критически оценивать физическую информацию;
- способности анализировать современные научные достижения в области теоретической физики и применять их при решении исследовательских и практических задач;
- способности владеть навыками решения задач теоретической физики;
- готовности использовать знания в области теоретической физики для постановки и решения научно-исследовательских задач.

### **Основные требования.**

Основным требованием допуска к сдаче кандидатского экзамена является наличие подписанного заявления и утвержденной дополнительной программы кандидатского экзамена.

Сдача кандидатского экзамена осуществляется в соответствии с календарным учебным графиком и индивидуальным учебным планом аспиранта. Кандидатские экзамены у прикрепленных лиц принимаются в период, установленный приказом ректора КФУ. В случае представления диссертации в совет по защите на соискание ученой степени кандидата наук, возможен прием кандидатских экзаменов вне сроков сессии.

### **Порядок проведения кандидатского экзамена.**

Кандидатский экзамен по специальности проводится в форме экзамена на основе биле-тов. В каждом экзаменационном билете 2 вопроса по основной программе и 1 вопрос по дополнительной программе. Дополнительная программа утверждается на Ученом совете Института физики для каждого аспиранта персонально со списком вопросов по теме диссертационного исследования аспиранта. Подготовка к ответу составляет 1 академический час (60 минут) без перерыва с момента раздачи билетов. Задания оцениваются от 0 до 5 баллов в зависимости от полноты и правильности ответов.

### **Критерии оценивания.**

Оценка соискателю за письменную работу выставляется в соответствии со следующими критериями:

**Отлично (5 баллов)**

Соискатель обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание материала, умение свободно выполнять задания, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной данной программой, усвоил взаимосвязь основных понятий физики в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.

#### **Хорошо (4 балла)**

Соискатель обнаружил полное знание вопросов физики, успешно выполнил предусмотренные тестовые задания, показал систематический характер знаний по физике и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.

#### **Удовлетворительно (3 балла)**

Соискатель обнаружил знание основ физики в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением тестовых заданий, знаком с основной литературой, рекомендованной данной программой, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

#### **Неудовлетворительно (2 и менее баллов)**

Соискатель обнаружил значительные пробелы в знаниях основ физики, допустил принципиальные ошибки в выполнении тестовых заданий и не способен продолжить обучение по физике.

### **Вопросы программы кандидатского экзамена по научной специальности 1.3.3 Теоретическая физика.**

#### **1. Механика**

- 1.1. Уравнения движения. Обобщенные координаты, принцип наименьшего действия, функция Лагранжа.
- 1.2. Симметрии пространства-времени. Теорема Нётер. Законы сохранения энергии, импульса, момента импульса.
- 1.3. Интегрирование уравнений движения. Одномерное движение, движение в центральном поле, задача двух тел.
- 1.4. Распад частиц, упругие столкновения. Сечение рассеяния частиц, формула Резерфорда.
- 1.5. Малые колебания. Свободные и вынужденные одномерные колебания. Резонанс, параметрический резонанс.
- 1.6. Колебания систем со многими степенями свободы. Колебания при наличии трения.
- 1.7. Движение твердых тел. Угловая скорость, момент инерции и момент количества движения твердых тел. Эйлеровы углы и уравнение Эйлера.
- 1.8. Канонические уравнения Гамильтона, скобки Пуассона, теорема Лиувилля, уравнение Гамильтона-Якоби, разделение переменных.
- 1.9. Принцип относительности. Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Четырехмерная скорость.
- 1.10. Релятивистская механика. Принцип наименьшего действия. Энергия и импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц.

#### **2. Теория поля**

- 2.1. Заряд в электромагнитном поле. Четырехмерный потенциал поля. Уравнения движения заряда в поле, калибровочная (градиентная) инвариантность. Тензор электромагнитного поля. Преобразование Лоренца для поля. Инварианты поля.

- 2.2. Действие для электромагнитного поля. Уравнения электромагнитного поля. Четырехмерный вектор тока. Уравнение непрерывности. Плотность и поток энергии. Тензор энергии-импульса. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.
- 2.3. Постоянное электромагнитное поле. Закон Кулона. Электростатическая энергия зарядов. Дипольный момент. Мультипольные моменты. Система зарядов во внешнем поле. Постоянное магнитное поле. Магнитный момент. Теорема Лармора.
- 2.4. Электромагнитные волны. Волновое уравнение. Плоские волны. Монохроматическая плоская волна. Спектральное разложение. Поляризационные характеристики излучения. Разложение электростатического поля.
- 2.5. Поле движущихся зарядов. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Излучение электромагнитных волн. Поле системы зарядов на далеких расстояниях. Мультипольное излучение. Излучение быстро движущегося заряда. Рассеяние свободными зарядами.
- 2.6. Движение частицы в гравитационном поле. Метрика. Ковариантное дифференцирование. Символы Кристоффеля. Действие для частицы в гравитационном поле.
- 2.7. Уравнения гравитационного поля. Тензор кривизны. Действие для гравитационного поля. Тензор энергии-импульса. Уравнения Эйнштейна.
- 2.8. Нерелятивистский предел уравнений Эйнштейна. Закон Ньютона. Центральное-симметричное гравитационное поле. Метрика Шварцшильда. Гравитационный коллапс.
- 2.9. Наблюдаемые эффекты ОТО в ньютоновом и постньютоновом приближении (гравитационное красное смещение, отклонение луча света, задержка сигнала, прецессия гироскопа, прецессия орбит планет). Гравитационные линзы.
- 2.10. Релятивистская космология. Открытая, закрытая и плоская модели. Закон Хаббла. Расширение Вселенной на радиационно-доминированной, пылевидной и вакуум-доминированной стадиях.
- 2.11. Физические процессы в ранней Вселенной. Закалка нейтрино. Первичный нуклеосинтез. Рекомбинация, реликтовые фотоны.

### **3. Электродинамика сплошных сред**

- 3.1. Электростатика диэлектриков и проводников. Диэлектрическая проницаемость и проводимость. Термодинамика диэлектриков. Магнитные свойства. Постоянное магнитное поле. Магнитное поле постоянных токов. Термодинамические соотношения. Диа-, пара-, ферро- и антиферромагнетики.
- 3.2. Сверхпроводники. Магнитные свойства. Сверхпроводящий ток. Критическое поле.
- 3.3. Уравнения электромагнитных волн. Уравнения поля в отсутствие дисперсии. Дисперсия диэлектрической проницаемости. Соотношения Крамерса-Кронига. Плоская монохроматическая волна. Распространение электромагнитных волн. Отражение и преломление. Принцип взаимности.
- 3.4. Электромагнитные волны в анизотропных средах. Эффекты Керра и Фарадея. Пространственная дисперсия. Естественная оптическая активность.
- 3.5. Магнитная гидродинамика. МГД волны. Проблема динамо.
- 3.6. Нелинейная оптика. Нелинейная проницаемость. Самофокусировка. Генерация второй гармоники.
- 3.7. Ионизационные потери быстрых частиц. Излучение Черенкова. Рассеяние электромагнитных волн в средах. Рэлеевское рассеяние.

### **4. Механика сплошных сред и физическая кинетика**

- 4.1. Идеальная жидкость. Уравнение непрерывности. Уравнение Эйлера. Поток энергии. Поток импульса. Сохранение циркуляции скорости. Потенциальное обтекание тел: присоединенная масса, сила сопротивления, эффект Магнуса.
- 4.2. Вязкая жидкость: уравнения движения вязкой жидкости. Диссипация энергии в несжимаемой жидкости.

- 4.3. Переход к турбулентности. Неустойчивости ламинарных течений. Теория Ландау-Хопфа. Типы аттракторов. Странный аттрактор. Переход к турбулентности путем удвоения периодов. Развитая турбулентность. Спектр турбулентности в вязком интервале. Колмогоровский спектр.
- 4.4. Звук. Звуковые волны. Геометрическая акустика.
- 4.5. Одномерное движение сжимаемого газа. Характеристики. Инварианты Римана. Простая волна Римана. Образование ударных волн. Ударная адиабата. Слабые разрывы. Теория сильного взрыва.
- 4.6. Ударные волны слабой интенсивности. Уравнение Бюргерса.
- 4.7. Звуковые волны со слабой дисперсией. Кортевега-де Фриза. Солитоны и их взаимодействие. Бесстолкновительные ударные волны.
- 4.8. Гидродинамика сверхтекучей жидкости. Двухжидкостное описание.
- 4.9. Кинетическая теория газов. Кинетическое уравнение Больцмана. -теорема. Теплопроводность и вязкость газов. Симметрии кинетических коэффициентов. Диффузионное приближение. Уравнение Фоккера-Планка.
- 4.10. Бесстолкновительная плазма. Уравнения Власова. Диэлектрическая проницаемость бесстолкновительной плазмы. Затухание Ландау. Ленгмюровские и ионно-звуковые волны. Пучковая неустойчивость: гидродинамическая и кинетическая стадии. Квазилинейная теория.
- 4.11. Столкновения в плазме. Интеграл столкновений Ландау. Длина пробега частиц в плазме.

## **5. Квантовая механика**

- 5.1. Основные положения квантовой механики. Принцип неопределенности. Принцип суперпозиции. Операторы. Дискретный и непрерывный спектры. Гамильтониан. Стационарные состояния. Гейзенберговское представление. Соотношения неопределенности.
- 5.2. Уравнение Шредингера. Основные свойства уравнения Шредингера. Одномерное движение. Одномерный осциллятор. Плотность потока. Квазиклассическая волновая функция. Прохождение через барьер.
- 5.3. Момент количества движения. Собственные функции и собственные значения момента количества движения. Четность. Сложение моментов. Разложение Клебша-Гордана.
- 5.4. Движение в центральном поле. Сферические волны. Разложение плоской волны. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода.
- 5.5. Теория возмущений. Возмущения, не зависящие от времени. Периодические возмущения. Квазиклассическая теория возмущений.
- 5.6. Уравнение Дирака. Решение уравнения Дирака для свободной частицы. Отрицательные энергии, позитрон. Спин электрона; оператор спина. Спин-орбитальное взаимодействие. Уравнение Паули, магнитный момент электрона.
- 5.7. Тождественность частиц. Симметрия при перестановке частиц. Вторичное квантование для бозонов и фермионов. Обменное взаимодействие.
- 5.8. Атом. Состояние электронов атома. Уровни энергии. Самосогласованное поле. Уравнение Томаса-Ферми. Тонкая структура темных уровней. Периодическая система Менделеева.
- 5.9. Движение в магнитном поле. Уравнение Шредингера для движения в магнитном поле. Плотность потока в магнитном поле.
- 5.10. Столкновения частиц. Общая теория. Формула Бора. Резонансное рассеяние. Столкновение тождественных частиц. Упругое рассеяние при наличии неупругих процессов. Матрица рассеяния. Формула Брейта-Вигнера.

## **6. Статистическая физика**

- 6.1. Основные принципы статистики. Функция распределения и матрица плотности. Статистическая независимость. Теорема Лиувилля. Роль энергии. Закон возрастания

- энтропии. Микроканоническое распределение. Распределение Гиббса. Распределение Гиббса с переменным числом частиц.
- 6.2. Термодинамические величины. Температура. Работа и количество тепла. Термодинамические потенциалы. Термодинамические неравенства. Принцип Ле-Шателье. Теорема Нернста. Системы с переменным числом частиц. Свободная энергия в распределении Гиббса. Вывод термодинамических соотношений.
  - 6.3. Термодинамика идеальных газов. Распределение Больцмана. Столкновение молекул. Неравновесный идеальный газ. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ.
  - 6.4. Распределение Ферми и Бозе. Вырожденный идеальный ферми-газ. Свойства вещества при больших плотностях. Вырожденный бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна. Равновесное тепловое излучение. Формула Планка. Светимость абсолютно черного тела.
  - 6.5. Неидеальные газы и конденсированные среды. Фононные спектры и термодинамические свойства газа. Термодинамические свойства неидеального классического газа.
  - 6.6. Равновесие фаз. Формула Клапейрона-Клаузиуса. Критическая точка.
  - 6.7. Системы с различными частицами. Правило фаз. Слабые растворы. Смесь идеальных газов. Смесь изотопов. Химические реакции. Условие химического равновесия. Закон действующих масс. Теплота реакции. Ионизационное равновесие.
  - 6.8. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Квантовые вихри.
  - 6.9. Флуктуации. Распределение Гиббса. Флуктуации основных термодинамических величин. Формула Пуассона. Временные флуктуации. Симметрии кинетических коэффициентов. Флуктационно-диссипативная теорема.
  - 6.10. Фазовые переходы второго рода. Теория Ландау. Критические индексы. Масштабная инвариантность. Флуктуации в окрестности критической точки.

Раздел для специалистов по теории конденсированного состояния

## **7. Теория конденсированного состояния**

- 7.1. Неидеальный бозе-газ. Симметрия волновой функции системы бозонов, бозе-конденсат. Слабонеидеальный бозе-газ. Модель Боголюбова. Спектр возбуждений. Сверхтекучесть. Двухжидкостное описание. Критерий Ландау. Теория Фейнмана. Квантовые вихри. Корреляции в положении частиц бозе-газа.
- 7.2. Типы и симметрия твердых тел. Кристаллические структуры. Симметрия кристаллов. Свойства обратной решетки. Зона Бриллюэна. Теорема Блоха.
- 7.3. Зонная структура и типы связи. Квазичастицы. Электронная теплоемкость.
- 7.4. Поверхность Ферми. Диамагнитный и циклотронный резонанс. Открытые орбиты. Квантование орбит. Эффект де Гааза-ван Альфена.
- 7.5. Колебания решетки. Теория упругости. Звук в твердых телах. Акустические и оптические ветви. Модель Дебая. Удельная теплоемкость решетки. Квантование фононов. Ангармонизм и тепловое расширение. Фактор Дебая-Уоллера.
- 7.6. Процессы распада и слияния фононов. Рассеяние фононов на примесях. Кинетическое уравнение для фононов в диэлектрике. Теплопроводность. Электрон-фононное взаимодействие и проблема полярона.
- 7.7. Магнетизм. Обменное взаимодействие. Магнитные свойства изолированного атома. Правило Хунда. Гамильтониан Гейзенберга. Модель Хаббарда. Природа магнетизма металлов. Спиновый парамагнетизм Паули и орбитальный диамагнетизм Ландау. Магнитные примеси в металле. Обменное взаимодействие через электроны проводимости (РККИ). Эффект Кондо.
- 7.8. Магнитный порядок. Ферромагнетизм и антиферромагнетизм. Метод среднего поля для ферромагнетика. Доменная структура. Гистерезис ферромагнетиков. Спиновые волны (магноны). Квантовые флуктуации и спиновые волны в антиферромагнетике.

- Вклад магнонов в термодинамику магнетиков. Динамика магнитного момента в ферромагнетике. Уравнение Ландау-Лифшица.
- 7.9. Сверхпроводимость. Куперовское спаривание. Теория Бардина-Купера-Шриффера (БКШ). Теория Лондонов. Нелокальная электродинамика сверхпроводника: лондоновский и пиппардовский случай. Эффекты четности числа электронов в сверхпроводниках малых размеров.
  - 7.10. Теория сверхпроводимости Гинзбурга-Ландау. Ток, калибровочная инвариантность, квантование потока. Сверхпроводники первого и второго рода. Верхнее и нижнее критические поля. Вихревая решетка. Эффект Джозефсона. Эффект близости. Флуктуационные эффекты вблизи сверхпроводящего перехода. Туннельные эффекты в сверхпроводниках.
  - 7.11. Функции Грина. Корреляционные функции. Термодинамический предел и квазисредние. Основные принципы диаграммной техники. Уравнение Дайсона. Вершинная функция. Многочастичные функции Грина. Диаграммная техника при конечных температурах. Кинетические уравнения.
  - 7.12. Динамика критических явлений. Уравнения ренормгруппы.
  - 7.13. Особенности электронных свойств систем пониженной размерности. Энергетические спектры и плотность квантовых состояний. Квантовый эффект Холла в двумерном электронном газе. Эффекты локализации электронов в одно- и двумерных системах, перколяционные явления.

**Учебно-методическое обеспечение и информационное обеспечение программы кандидатского экзамена в аспирантуру по научной специальности 1.3.3 Теоретическая физика.**

**Основная литература.**

1. Бухгольц, Н. Н. Основной курс теоретической механики: учебное пособие для вузов / Н. Н. Бухгольц. — 11-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, [б. г.]. — Часть 1: Основной курс теоретической механики. — 2021. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-7957-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/169804> (дата обращения: 18.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Бухгольц, Н. Н. Основной курс теоретической механики: учебное пособие / Н. Н. Бухгольц. — 8-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2022 — Часть 2: Динамика системы материальных точек. — 2022. — 336 с. — ISBN 978-5-8114-0926-6. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/212285> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Бредов, М. М. Классическая электродинамика: учебное пособие / М. М. Бредов, В. В. Румянцев, И. Н. Топтыгин. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 400 с. - ISBN 5-8114-0511-1. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210194> (дата обращения: 25.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Блохинцев, Д. И. Основы квантовой механики: учебное пособие / Д. И. Блохинцев. - 7-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 672 с. - ISBN 978-5-8114-0554-1. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210197> (дата обращения: 21.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Кочелаев, Б.И. Квантовая теория: конспект лекций / Б. И. Кочелаев. - [2-е изд., перераб., доп. и испр.]. - Казань: Казанский университет, 2013. - 222 с. - Текст: электронный. - URL: [http://kpfu.ru/portal/docs/F1738320152/Quantum\\_Theory.pdf](http://kpfu.ru/portal/docs/F1738320152/Quantum_Theory.pdf) (дата обращения:

- 21.05.2022) - Режим доступа: открытый.
6. Степаньянц, К. В. Классическая теория поля: учебное пособие / К. В. Степаньянц. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 544 с. - ISBN 978-5-9221-1082-2. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2328> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
  7. Абрикосов, А. А. Основы теории металлов: учебное пособие / А. А. Абрикосов. - 2-е изд. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010. - 600 с. - ISBN 978-5-9221-1097-6. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2093> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
  8. Кочелаев, Б. И. Основы квантовой теории твердого тела: учебное пособие / Б. И. Кочелаев. - 2-е изд. - Долгопрудный: Интеллект, 2021. - 288 с. - ISBN 978-5-91559-288-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1870020> (дата обращения: 20.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
  9. Леушин, А.М. Теоретическая физика. Механика (практический курс). Задачник для физиков: пособие / А.М. Леушин, Р.Р. Нигматуллин, Ю.Н. Прошин - [3-е изд., испр. и доп.]. - Казань: Казанский университет, 2015. - 250 с. - Текст: электронный. - URL: [http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/32292/06-Iph\\_001176.pdf](http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/handle/net/32292/06-Iph_001176.pdf) (дата обращения: 17.05.2022). - Режим доступа: открытый.
  10. Нигматулин Р.И. Механика сплошной среды. Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика: учебник для аспирантов высших учебных заведений. / Р. И. Нигматулин. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014. —639 с. (49 экз.)

#### **Дополнительная литература.**

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие: в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под редакцией Л. П. Питаевского. — 7-е изд., стереотип. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2021. — Том 1: Механика. — 2021. — 224 с. — ISBN 978-5-9221-1611-4. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/185654> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие: в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под редакцией Л. П. Питаевского. — 9-е изд., стереотип. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2020. — Том 2: Теория поля. — 2020. — 508 с. — ISBN 978-5-9221-1568-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/185651> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие: в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под редакцией Л. П. Питаевского. — 6-е изд., испр. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2021 — Том 3: Квантовая механика (нерелятивистская теория) — 2021. — 800 с. — ISBN 978-5-9221-0530-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/185658> (дата обращения: 18.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие: в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевского. — 4-е изд., испр. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2020. — Том 4: Квантовая электродинамика — 2020. — 720 с. — ISBN 978-5-9221-0058-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/185660> (дата обращения: 18.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. 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: 18.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие: в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; под редакцией Л. П. Питаевского. — 6-е изд., испр. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2021. — Том 6: Гидродинамика. — 2021. — 728 с. — ISBN 978-5-9221-1625-1. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/185671> (дата обращения: 18.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
  7. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. - 5-е изд., стер. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. - Том 7: Теория упругости. - 2007. - 264 с. - ISBN 978-5-9221-0122-6. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2233> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
  8. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 4-е изд., стер. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, [б. г.]. — Том 8: Электродинамика сплошных сред. — 2005. — 656 с. — ISBN 5-9221-0123-4. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2234> (дата обращения: 18.05.2021). - 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: 18.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
  10. 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: 18.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
  11. Батыгин, В. В. Сборник задач по электродинамике и специальной теории относительности : учебное пособие / В. В. Батыгин, И. Н. Топтыгин. - 4-е изд. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 480 с. - ISBN 978-5-8114-0921-1. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210440> (дата обращения: 25.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
  12. Каликинский, И. И. Электродинамика: учебное пособие / И. И. Каликинский. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва: ИНФРА-М, 2020. - 159 с. - (Высшее образование: Магистратура). - ISBN 978-5-16-006771-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1062336> (дата обращения: 16.04.2022). - Режим доступа: по подписке.
  13. 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: 18.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
  14. Гриб, А. А. Основные представления современной космологии: учебное пособие / А. А. Гриб. — Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2008. — 108 с. — ISBN 978-5-9221-0955-0. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2168> (дата обращения: 18.05.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
  15. 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: 20.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
16. Еремин, М. В. Микроскопические модели в конденсированных средах: конспект лекций / М. В. Еремин; ФГАОУВПО "Казан. (Приволж.) федер. ун-т", Ин-т физики. — Казань : [ Казанский (Приволжский) федеральный университет], 2011. — 112 с. - Текст: электронный. - URL: [http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin\\_Posobie\\_2011.doc](http://kpfu.ru/docs/F1043614157/Eremin_Posobie_2011.doc) (дата обращения: 17.05.2022). - Режим доступа: открытый.
  17. Мейлихов, Е. З. Магнетизм. Основы теории: учебное пособие / Е.З. Мейлихов. - Долгопрудный: Интеллект, 2014. - 184 с. ISBN 978-5-91559-155-3. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/486429> (дата обращения: 18.05.2021). – Режим доступа: по подписке.
  18. Байков, Ю. А. Физика конденсированного состояния: учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 296 с. - ISBN 978-5-00101-825-4. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/151595> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
  19. Байков, Ю. А. Квантовая механика: учебное пособие / Ю. А. Байков, В. М. Кузнецов. - 3-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2020. - 294 с. - ISBN 978-5-00101-856-8. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/151548> (дата обращения: 21.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
  20. Гантмахер, В. Ф. Электроны в неупорядоченных средах: учебное пособие / В. Ф. Гантмахер. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. - 232 с. - ISBN 5-9221-0578-7. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/2156> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
  21. 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: 20.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
  22. 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: 20.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
  23. Ансельм, А. И. Введение в теорию полупроводников: учебное пособие / А. И. Ансельм. - 4-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2022. - 624 с. - ISBN 978-5-8114-0762-0. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/212255> (дата обращения: 20.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
  24. 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: 18.05.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей.
  25. 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. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/185400> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: по подписке.

26. Краснопевцев, Е. А. Статистическая физика равновесных систем: учебное пособие / Е. А. Краснопевцев. - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. - 420 с. - (Учебники НГТУ). - ISBN 978-5-7782-4253-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1868878> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
27. Белоусов, Ю. М. Задачи по теоретической физике: учебное пособие / Ю.М. Белоусов, С.Н. Бурмистров, А.И. Тернов. - Долгопрудный: Интеллект, 2013. - 584 с. ISBN 978-5-91559-134-8. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/510284> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
28. Кузнецов, С. И. Элементы физической кинетики. Курс физики с примерами решения задач: учебное пособие / С. И. Кузнецов, В. В. Каплин, С. Р. Углов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. - 77 с. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/417642> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
29. 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](http://dspace.kpfu.ru/xmlui/bitstream/net/20317/3/06_41_001076.pdf) (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: открытый.
30. Мюллер-Кирштен, Х. Основы современной статистической физики: учебное пособие / Мюллер-Кирштен Х. - Долгопрудный: Интеллект, 2016. - 248 с. ISBN 978-5-91559-213-0. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/557472> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
31. Бурмистров, С.Н. Задачи по физической кинетике / Бурмистров С.Н. - Долгопрудный: Интеллект, 2016. - 192 с.: ISBN 978-5-91559-216-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/552443> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: по подписке.
32. Мартынов, Г. А. Классическая статистическая механика. Теория жидкостей: монография / Г.А. Мартынов. - 2-е изд. - Долгопрудный: Интеллект, 2014. - 328 с. ISBN 978-5-91559-175-1. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/495839> (дата обращения: 18.05.2022). - Режим доступа: по подписке.

### **Информационное обеспечение.**

- Сайт Научной библиотеки им. Н. И. Лобачевского <http://kpfu.ru/library>
- Сайт кафедры теоретической физики КФУ <https://kpfu.ru/theor.phys>
- Сайт магистратуры по теоретической физике и моделированию физических процессов КФУ [https://kpfu.ru/magistr\\_theorphys](https://kpfu.ru/magistr_theorphys)
- Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ <http://lib.mexmat.ru/>
- Кафедра теоретической физики МФТИ. e-Библиотека [https://mipt.ru/education/chair/theoretical\\_physics/biblio/](https://mipt.ru/education/chair/theoretical_physics/biblio/)
- Электронная библиотека «Наука и техника» <http://n-t.ru>
- Научно-популярный сайт «Элементы большой науки» <http://elementy.ru>
- Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ <http://lib.mexmat.ru/>
- N + 1 — научно-популярное издание о том, что происходит в науке, технике и технологиях прямо сейчас (область физика) <https://nplus1.ru/search/empty/869>
- Образовательный проект А.Н. Варгина <http://www.ph4s.ru>
- Поисквик электронных книг <http://www.poiskknig.ru>