

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования "Пермский  
государственный национальный исследовательский  
университет"**

**Кафедра физики фазовых переходов**

**Авторы-составители: Макаров Дмитрий Владимирович  
Захлевных Александр Николаевич  
Петров Данил Александрович**

**Рабочая программа дисциплины  
КВАНТОВАЯ СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА  
Код УМК 88565**

Утверждено  
Протокол №12  
от «14» мая 2020 г.

Пермь, 2020

## **1. Наименование дисциплины**

Квантовая статистическая физика

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление: **03.03.01** Прикладные математика и физика  
направленность Программа широкого профиля

### **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

В результате освоения дисциплины **Квантовая статистическая физика** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

**03.03.01** Прикладные математика и физика (направленность : Программа широкого профиля)

**ПК.1** способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин

#### 4. Объем и содержание дисциплины

<b>Направления подготовки</b>	03.03.01 Прикладные математика и физика (направленность: Программа широкого профиля)
<b>форма обучения</b>	очная
<b>№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины</b>	11
<b>Объем дисциплины (з.е.)</b>	3
<b>Объем дисциплины (ак.час.)</b>	108
<b>Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:</b>	42
<b>Проведение лекционных занятий</b>	28
<b>Проведение практических занятий, семинаров</b>	14
<b>Самостоятельная работа (ак.час.)</b>	66
<b>Формы текущего контроля</b>	Входное тестирование (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (2)
<b>Формы промежуточной аттестации</b>	Зачет (11 триместр)

## 5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

### Квантовая статистическая физика. 1 уч.период

#### Статистическая термодинамика равновесного теплового излучения

Разложение электромагнитного излучения на осцилляторы.

Энергия электромагнитного поля.

Квантование энергии. Понятие о фотонах.

Термодинамические величины равновесного теплового излучения.

#### Статистическая термодинамика кристаллической решетки

Понятие о прямой и обратной решетке. Волновой вектор. Число разрешенных значений волнового вектора

Колебания простой решетки.

Дисперсионное соотношение для простой решетки.

Энергия колебаний решетки.

Классическая теория теплоемкости кристаллической решетки.

Понятие о фононах.

Термодинамические величины кристаллической решетки (высокие и низкие температуры).

Интерполяционная формула Дебая.

Оценка температуры плавления. Формула Линдемана.

#### Методы корреляционных функций в статистической физике

Равновесные корреляционные функции и их свойства.

Равновесные корреляционные функции и термодинамические величины классического неидеального газа.

Цепочка уравнений Боголюбова для равновесных корреляционных функций.

Классический слабонеидеальный газ с короткодействием.

Классическая система частиц с кулоновскими взаимодействиями.

Термодинамические величины классической дебаевской плазмы

## **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторские занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

## **7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

## 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная:

1. Ландау, Л.Д. Курс теоретической физики. Статистическая физика : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — 5-е изд., стер. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2001. — 616 с. — ISBN 978-5-9221-0054-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. <https://elis.psu.ru/node/619858>
2. Ландау Л. Д. Теоретическая физика. учебное пособие для студентов физических специальностей университетов : в 10 т. Т. 5. Статистическая физика, Ч. 1 / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. -5-е изд., стер. -Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2010, ISBN 978-5-9221-0054-0. -616
3. Захлевных А. Н. Термодинамика твердого тела: учебное пособие для студентов физических факультетов по дисциплинам "Термодинамика и статическая физика", "Физика твердого тела"/А. Н. Захлевных. -Пермь: Издательство Пермского государственного университета, 2010, ISBN 978-5-7944-1512-4. -50. -Библиогр.: с. 49
4. Дмитриев, А. В. Основы статистической физики материалов : учебник / А. В. Дмитриев. — Москва : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2004. — 672 с. — ISBN 5-211-04830-X. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/13062>

### Дополнительная:

1. Щеголев И. Ф. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики: [учебное пособие] / И. Ф. Щеголев. -Долгопрудный: Издательский дом "Интеллект", 2008, ISBN 978-5-91559-006-8. -207.
2. Квасников И. А. Термодинамика и статистическая физика. учебное пособие : в 3 т. Т. 3. Теория неравновесных систем / И. А. Квасников. -2-е изд., перераб. и доп. -Москва: Едиториал УРСС, 2003, ISBN 5-354-00079-3. -448

## **9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины**

<http://www.library.psu.ru/node/738> Ресурсы Научной библиотеки ПГНИУ

<https://www.theoretical-physics.net/0.1/index.html> Справочник по теоретической физике

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

Образовательный процесс по дисциплине **Квантовая статистическая физика** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС)
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.
- Интернет-сервисы и электронные ресурсы (поисковые системы, электронная почта и т.д.)

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения

- приложение, позволяющее просматривать PDF-файлы
- офисный пакет приложений «LibreOffice».

При освоении материала и выполнении заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Для лекционных и практических занятий требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для групповых (индивидуальных) консультаций и проведения текущего контроля требуется аудитория, оснащенная меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы студентов требуется помещения Научной библиотеки ПГНИУ

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.
5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными



компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине  
Квантовая статистическая физика**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.  
Индикаторы и критерии их оценивания**

**ПК.1**

**способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин**

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
<p><b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин</p>	<p><b>ЗНАТЬ:</b> основные утверждения квантовой статистической физики; <b>УМЕТЬ:</b> проводить описание физических явлений и процессов на основе методов квантовой статистической физики; <b>ВЛАДЕТЬ:</b> основным понятийным аппаратом квантовой статистической физики;</p>	<p align="center"><b>Неудовлетворител</b></p> <p>Не знает основные утверждения квантовой статистической физики; Не умеет проводить описание физических явлений и процессов на основе методов квантовой статистической физики; Не владеет основным понятийным аппаратом квантовой статистической физики;</p> <p align="center"><b>Удовлетворительн</b></p> <p>Общие, но не структурированные знания основных утверждений квантовой статистической физики; Демонстрирует частично сформированное умение проводить описание физических явлений и процессов на основе методов квантовой статистической физики; Имеет навыки владения основным понятийным аппаратом квантовой статистической физики.</p> <p align="center"><b>Хорошо</b></p> <p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, знания основ квантовой статистической физики; Сформированные, но содержащие отдельные пробелы, умения проводить описание физических явлений и процессов на основе методов квантовой статистической физики; В целом сформированы навыки владения основным понятийным аппаратом квантовой статистической физики.</p> <p align="center"><b>Отлично</b></p> <p>Знает основные утверждения квантовой статистической физики; Умеет проводить описание физических явлений и процессов на основе методов</p>

<b>Компетенция (индикатор)</b>	<b>Планируемые результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>
		<b>Отлично</b> квантовой статистической физики; Владеет основным понятийным аппаратом квантовой статистической физики;

## Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

**Вид мероприятия промежуточной аттестации :** Зачет

**Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации :** Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

**Максимальное количество баллов :** 100

### Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 50 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 50 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
<b>Входной контроль</b>	Статистическая термодинамика равновесного теплового излучения <b>Входное тестирование</b>	Основы классической статистической физики равновесных систем; Термодинамическое (феноменологическое) описание равновесного состояния макроскопических систем и квазистатических процессов; Условия равновесия и устойчивости термодинамических систем;
<b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин	Статистическая термодинамика равновесного теплового излучения <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Свойства фотонов, распределение фотонов по состояниям, законы Планка, Рэлея и Рэлея-Джинса
<b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин	Статистическая термодинамика кристаллической решетки <b>Письменное контрольное мероприятие</b>	Основные понятия прямой и обратной решетки кристалла, свойства фононов, распределение фононов по состояниям, теплоемкость кристаллической решетки при низких и высоких температурах, формула Дебая
<b>ПК.1</b> способность применять в своей профессиональной деятельности знания, полученные в области физических и математических дисциплин	Методы корреляционных функций в статистической физике <b>Итоговое контрольное мероприятие</b>	Определение и свойства частичных корреляционных функций. Цепочка уравнений Боголюбова. Выражения для термодинамических величин в терминах корреляционных функций

## Спецификация мероприятий текущего контроля

### Статистическая термодинамика равновесного теплового излучения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **0**

Проходной балл: **0**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания входного контроля оценивается по следующей схеме: верный ответ - 1 балл; неверный ответ - 0 баллов. Всего 6 заданий.	6

### Статистическая термодинамика равновесного теплового излучения

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания контрольной работы оценивается по следующей схеме: верный ответ - 6 баллов; частично верный ответ, допущены незначительные ошибки при выводе формул - 3 балла; неверный ответ - 0 баллов. Всего 2 задания.	12
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0

### Статистическая термодинамика кристаллической решетки

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **15**

Показатели оценивания	Баллы
Решение каждого задания контрольной работы оценивается по следующей схеме: верный ответ - 6 баллов; частично верный ответ, допущены незначительные ошибки при выводе формул - 3 балла; неверный ответ - 0 баллов. Всего 2 задания.	12
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (30%) контрольного мероприятия в итоговую оценку	0

### Методы корреляционных функций в статистической физике

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **1 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **20**

<b>Показатели оценивания</b>	<b>Баллы</b>
Дан полный ответ на вопрос в билете. Отсутствуют ошибки в формулах и формулировках основных положений. Вывод формул сопровождается соответствующими текстовыми пояснениями.	6
Дан полный ответ на вопрос в билете. Есть незначительные неточности в ряде формулировок.	5
Дан полный ответ на вопрос в билете. Допущены незначительные ошибки в выводе формул, формулировках и определениях или математические выкладки не сопровождаются соответствующими текстовыми пояснениями.	4
Основное содержание ответа на вопросы билета представлено. Есть незначительные ошибки при выводе формул /формулировках/определениях. Математические выкладки не сопровождаются текстовыми пояснениями.	3
Основное содержание вопроса не раскрыто. При выводе формул допущены грубые ошибки.	2
Основное содержание вопроса не раскрыто. Отсутствуют основные определения и формулы. В ответе присутствует минимальная (отрывочная) информация, относящаяся к вопросу.	1
Здесь указаны критерии получения первичных баллов за контрольное мероприятие. Итоговые баллы в рейтинг по 100-балльной шкале рассчитывает ЕТИС согласно вкладу (40%) контрольного мероприятия в итоговую оценку.	0
Нет ответа на вопрос билета или представлен ответ на вопрос другого билета.	0